

# AGUA y CIUDADES EN AMÉRICA LATINA

RETOS PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE

Editado por Ismael Aguilar-Barajas, Jürgen Mahlknecht,  
Jonathan Kaledin, Marianne Kjellén y Abel Mejía-Betancourt

**Catalogación en la fuente proporcionada por la Biblioteca Felipe Herrera  
del Banco Interamericano de Desarrollo**

Agua y ciudades en América Latina: retos para el desarrollo sostenible / editado por Ismael Aguilar Barajas, Jürgen Mahlknecht, Jonathan Kaledin, Marianne Kjellén y Abel Mejía-Betancourt.

p. cm. — (Monografía del BID ; 574)

Incluye referencias bibliográficas.

978-1-59782-298-5 (Digital)

978-1-59782-299-2 (Tapa dura)

1. Water resources development-Latin America. 2. Municipal water supply-Latin America. 3. Water-supply-Latin America. 4. Sanitation-Latin America. 5. Sustainable development-Latin America. I. Aguilar Barajas, Ismael, 1956- II. Mahlknecht, Jürgen. III. Kaledin, Jonathan. IV. Kjellén, Marianne. V. Mejía, Abel (Mejía Betancourt). VI. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Agua y Saneamiento. VII. Serie.

IDB-MG-574

Las Co-publicaciones incluirán la siguiente cláusula de exención de responsabilidad: "Las opiniones expresadas en esta obra son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del BID, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa".

Códigos JEL: Q25, O19, O38, O54

Diseño de la portada: Enrique Luna Estada.

Diseño y diagramación: Comunicación Ilimitada.

# Agua y Ciudades en América Latina

Aproximadamente el 80 por ciento de la población de América Latina se concentra en áreas urbanas. En consecuencia, la presión sobre los recursos hídricos y la gestión del agua en las ciudades representan grandes retos. Pese a la importancia de estos asuntos, ha habido una escasa cobertura sistemática de este tema en forma de libro.

Este trabajo llena el vacío bibliográfico existente, proporcionando tanto panoramas temáticos como varios capítulos con estudios de caso. Este libro analiza aspectos clave de por qué el agua es importante para las ciudades y presenta estudios de caso en cuestiones como la gestión del agua subterránea, el crecimiento verde y los servicios de agua, las desigualdades en el suministro de agua, el financiamiento de los servicios de agua y la gestión de las inundaciones. Se presentan ejemplos detallados de Argentina, Brasil, Colombia, Ecuador, México y Perú, y se incluye un capítulo comparando las lecciones que se pueden aprender de las ciudades estadounidenses. Para poner los temas en un contexto global, los autores que han contribuido a este libro provienen tanto del interior como del exterior de la región, incluyendo al Banco Interamericano de Desarrollo, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico y el Banco Mundial.

**Ismael Aguilar Barajas** es profesor de Economía e investigador asociado del Centro del Agua para América Latina y el Caribe, Tecnológico de Monterrey, México.

**Jürgen Mahlknecht** es líder del grupo de investigación estratégica en Ciencias y Tecnología del Agua, Escuela de Ingeniería y Ciencias, Tecnológico de Monterrey, México.

**Jonathan Kaledin** es consultor independiente y anteriormente afiliado al Programa Asociado del Instituto Internacional del Agua de Estocolmo

**Marianne Kjellén** lidera y trabaja en el área temática de Gobernanza del Agua y dirige el Centro de Gobernanza del Agua del PNUD en el Instituto Internacional del Agua de Estocolmo.

**Abel Mejía Betancourt** es asesor principal sobre agua de CAF, Banco de desarrollo de América Latina, y exgerente sectorial de agua en el Banco Mundial.

Primera edición 2015

por Routledge

2 Park Square, Milton Park, Abingdon, Oxon OX14 4RN y Routledge

711 Third Avenue, Nueva York, NY 10017

Routledge es un sello editorial de Taylor & Francis Group, una división de Informa.

© 2015 Ismael Aguilar Barajas, Jürgen Mahlknecht, Jonathan Kaledin, Marianne Kjellén y Abel Mejía Betancourt, selección y edición del material; capítulos individuales, autores participantes.

Los derechos de los editores identificados como autores del material editorial y de los autores de los capítulos individuales han sido garantizados en conformidad con las secciones 77 y 78 de la Ley de Derechos de Autor, Diseño y Patentes de 1988.

Todos los derechos reservados. Este libro no puede ser reimpresso, reproducido o utilizado total ni parcialmente por medio alguno, ni electrónico ni mecánico, o por cualquier otro medio conocido o por conocer, incluyendo el fotocopiado, grabado y cualquier sistema de almacenamiento o recuperación de información, sin la autorización escrita de la editorial.

Aviso sobre marcas registradas: los nombres de productos o empresas pueden ser marcas comerciales o marcas registradas y son utilizadas únicamente con fines de identificación y explicación sin intención de vulnerar sus derechos.

Catalogado por la Biblioteca Británica

Un registro de catálogo de esta publicación está disponible en la Biblioteca Británica

Catalogado por la Biblioteca del Congreso

***Water and Cities in Latin America: challenges for sustainable development***

Editado por Ismael Aguilar Barajas, Jürgen Mahlknecht, Jonathan Kaledin y Marianne Kjellén.

Pág. cm (Estudios sobre la gestión de los recursos hídricos de Earthscan)

Incluye referencias bibliográficas e índice

1. Desarrollo de recursos hídricos, América Latina. 2. Abastecimiento de agua municipal, América Latina. 3. Abastecimiento de agua, América Latina.

I. Aguilar Barajas, Ismael, 1956 – II. Mahlknecht, Jürgen. III. Kaledin, Jonathan. IV. Kjellén, Marianne.

TD227.5.W35 2015

333.910098-dc23

2014039807

ISBN: 978-0-415-73097-6 (hbk)

ISBN: 980-1-315-84844-0 (ebk)

Composición tipográfica en Bembo

Por HWA Text and Data Management, Londres

Impreso y encuadernado en los Estados Unidos de América por Edwards Brothers Mallos en papel procedente de fuentes sostenibles

# Índice de contenidos

Lista de figuras.....	vii
Lista de cuadros.....	viii
Lista de autores participantes.....	xi
Prólogo de Sergio Campos y Vidal Garza.....	xv
Agradecimientos.....	xvii
Lista de siglas y abreviaturas.....	xix
 Introducción.....	 1
<i>ISMAEL AGUILAR BARAJAS, JÜRGEN MAHLKNECHT, JONATHAN KALEDIN, MARIANNE KJELLÉN Y ABEL MEJÍA BETANCOURT</i>	
 <b>PARTE I</b>	
<b>Agua, ciudades y financiamiento.....</b>	<b>12</b>
 1 Agua, ciudades y desarrollo sostenible: el contexto.....	 13
<i>ISMAEL AGUILAR BARAJAS</i>	
2 ¿Por qué es importante entender el nexo del agua urbana?.....	32
<i>ABEL MEJÍA BETANCOURT</i>	
3 Desafíos y opciones de política pública para financiar el agua y el saneamiento urbanos.....	43
<i>ANTHONY COX Y PETER BÖRKEY</i>	

## PARTE II

### La gestión de los servicios de agua y saneamiento.....68

- 4 Gestión del agua urbana en São Paulo para lograr el acceso universal a los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento ..... 69

*DILMA PENA*

- 5 Los servicios de agua en Lima, Perú: comprendiendo los vínculos entre el desarrollo urbano, la inequidad social y el agua..... 85

*ANTONIO A. R. IORIS*

- 6 Gobernanza del agua residual urbana en América Latina: panorama y reflexiones para una agenda de investigación..... 96

*RAÚL PACHECO-VEGA*

- 7 Asuntos y retos del abastecimiento de agua, el drenaje de aguas pluviales y el tratamiento de aguas residuales en el área metropolitana de Ciudad de México.....103

*POLIOPTRO F. MARTÍNEZ Y ERICK R. BANDALA*

- 8 El abastecimiento urbano de agua subterránea en las ciudades de América Latina: panorama y casos de la Ciudad de México y São Paulo .....120

*JÜRGEN MAHLKNECHT, RICARDO HIRATA Y ROGELIO LEDESMA RUIZ*

## PARTE III

### El cambio climático, la gestión del riesgo y la planificación ..... 142

- 9 Inundaciones repentinas en el área metropolitana de Monterrey: lecciones del huracán Alex .....143

*NICHOLAS P. SISTO Y ALDO I. RAMÍREZ OROZCO*

- 10 El proyecto de recuperación ambiental y control de las inundaciones del río Bogotá.....159

*CARLOS R. COSTA POSADA, CARLOS FELIPE URAZÁN BONELLS Y EDDER A. VELANDIA DURÁN*

- 11 Protección y recuperación ambiental de las laderas del Pichincha en Quito, Ecuador..... 173

*XAVIER VIDAL, LUCÍA BURGOS Y OTHÓN ZEVALLOS*

- 12 La gestión de los recursos hídricos y la adaptación al clima en la cuenca del río Grande, Argentina.....189

*FERNANDO MIRALLES-WILHELM, EUGENE BRANTLY, MARCELO BORSELLINO, EDGARDO CASTELLANO, ROBERT DYKES, FEKADU MOREDA, RAÚL MUÑOZ-CASTILLO, JAY RINEER, BILL WHEATON Y ALAN WYATT*

**PARTE IV**

**El desarrollo de infraestructura verde ..... 212**

13 El crecimiento verde y los servicios de agua en las ciudades de América Latina ..... 213

*GREG BROWDER*

14 Los fondos de agua como herramienta para el abastecimiento de agua y la conservación de las cuencas en América Latina ..... 228

*FERNANDO VEIGA, ALEJANDRO CALVACHE, SILVIA BENÍTEZ, JORGE LEÓN Y AURELIO RAMOS*

15 Infraestructura verde y protección de cuencas hidrográficas en ciudades de los EE. UU.: reflexiones para América Latina.....250

*JONATHAN C. KALÉDIN*

**Figuras**

2.1 El agua urbana generalmente se divide en tres componentes separados: agua potable, saneamiento o alcantarillado y drenaje ..... 36

2.2 Ciclo de los proyectos de infraestructura de agua ..... 38

3.1 Fuentes de financiamiento para los servicios de agua y saneamiento ..... 47

3.2 Tendencias de la ayuda para agua y saneamiento..... 50

3.3 Inversión en proyectos con asociación público-privada en países en desarrollo, 1991-2012..... 62

4.1 Divisiones hidrográficas del estado de São Paulo.....71

4.2 La cuenca hidrográfica del Alto Tietê y la Región Metropolitana de São Paulo.....71

5.1 Región metropolitana de Lima, incluyendo las áreas construidas, los principales ríos y la ubicación de los tres estudios de caso..... 86

7.1 Localización geográfica de la RHVM y panorama general de las fuentes de abastecimiento de agua y drenaje en la ZMVM .....105

7.2 Balance del agua en el área metropolitana del Valle de México..... 106

8.1 Importancia estimada del uso de agua subterránea como agua potable en América Latina ..... 126

8.2 Población y captación e importación de agua a la Ciudad de México, 1900-2010 ..... 128

8.3 Localización de la Cuenca del Alto Tietê, en el estado de São Paulo, sus municipios y unidades de subcuenca ..... 131

9.1 Trayectoria del huracán Alex y localización del Área Metropolitana de Monterrey (AMM) .....144

9.2 Isoyetas de la precipitación acumulada (mm) en las 48 horas entre el 29 de junio y el 1 de julio de 2010, Nueva León.....145

9.3	Características hidrológicas e hidráulicas en el Área Metropolitana de Monterrey (AMM) y sus alrededores.....	146
9.4	Caudal máximo registrado entre los años 1960 y 2010, río Santa Catarina, Área Metropolitana de Monterrey .....	147
9.5	Inundación repentina en el río Santa Catarina, Área Metropolitana de Monterrey, después del huracán Alex.....	148
9.6	Índice mensual de producción industrial (términos reales, con base 100 en 2003), Nueva León, enero de 2009 a diciembre de 2011.....	151
9.7	Estrechamiento del cauce del río por la infraestructura vial, Área Metropolitana de Monterrey, 2007 .....	151
9.8	Estrechamiento del cauce del río por una infraestructura residencial, Área Metropolitana de Monterrey, 2007 .....	152
9.9	Impacto del huracán Alex en el cauce del río, Área Metropolitana de Monterrey, 2010 .....	152
10.1	Cuenca del río Bogotá y localización de los municipios en la Cuenca Alta, Media y Baja .....	160
10.2	Áreas en riesgo de inundación en un sector al occidente de Bogotá.....	164
10.3	Localización de las principales obras incluidas en la primera y segunda fases del Proyecto de Adecuación Hidráulica y Recuperación Ambiental del río Bogotá.....	166
10.4	Obras de recuperación del río Salitre, Juan Amarillo, noroeste de Bogotá. ...	168
11.1	Invasión urbana en las laderas del área central de Quito .....	175
11.2	Expansión urbana de Quito, 1535-2009 .....	175
11.3	Vivienda en riesgo de colapso en la parte más baja de la quebrada El Tejar .....	178
11.4	Puentes y obras de acondicionamiento ambiental, quebrada El Tejar.....	182
11.5	Ejemplo de acondicionamiento ambiental, quebrada Navarro .....	185
12.1	Diagrama de flujo del modelo de simulación Hydro-BID .....	193
12.2	Provincia de Jujuy, Argentina.....	195
12.3	Infraestructura hidráulica existente en la cuenca del río Grande y el alto río San Francisco .....	197
12.4	Enfoque de gestión integrada de los recursos hídricos de Jujuy .....	198
12.5	Flujo observado y simulado, río San Francisco en Caimancito.....	201
13.1	El concepto de gestión integrada del agua urbana.....	224
14.1	Esquema general de fondo de agua.....	234
14.2	Fondos de Agua en América Latina y el Caribe, 2013.....	235
14.3	Cría de ganado en las áreas altas del páramo .....	241
14.4	Mecanismo de gobernanza del Fondo de Agua de Bogotá.....	241
14.5	Cartel con eslogan del Fondo del Agua de Bogotá .....	242
15.1	Sistema de abastecimiento de agua de la ciudad de Nueva York .....	253



15.2	Sistema de abastecimiento de agua de Boston.....	255
15.3	Sistema de abastecimiento de agua de Seattle .....	256

**Cuadros**

1.1	Los diez riesgos globales de mayor preocupación en 2014.....	14
1.2	Datos de población rural y urbana histórica (1990), reciente (2014) y prevista (2050) en las grandes regiones del mundo.....	18
1.3	Población de las 30 mayores aglomeraciones urbanas del mundo, 1990-2030.....	20
1.4	Población pobre en áreas rurales y urbanas de América Latina .....	23
2.1	Inversiones requeridas y metas para cerrar la brecha de infraestructura de agua en América Latina para 2030.....	40
3.1	Ejemplos de mecanismos financieros innovadores en el sector del agua .....	55
3.2	Tipología de acuerdos contractuales entre el Gobierno y el sector privado .....	61
4.1	Porcentaje de viviendas con acceso a servicios de abastecimiento de agua y saneamiento en São Paulo, en otros estados y en Brasil en 2010 .....	70
4.2	Déficit en el acceso a servicios de saneamiento en São Paulo y Brasil .....	73
7.1	Capacidad de drenaje del sistema del Valle de México, 1975-2010 .....	108
7.2	Brechas en la gobernanza del agua en México .....	113
8.1	Comparación de agua superficial y subterránea según las características hidrológicas y los factores socioeconómicos.....	125
9.1	Frecuencias de caudal máximo registrado entre los años 1960 y 2010, río Santa Catarina, Área Metropolitana de Monterrey .....	147
9.2	Presupuesto de reconstrucción aprobado por Nuevo León después del huracán Alex.....	148
9.3	Índice de producción manufacturera (IPM, Nuevo León) e índice de ventas al por menor (IVM, Área Metropolitana de Monterrey) .....	150
11.1	Inversiones en las laderas del Pichincha, 1996-2014.....	181
12.1	Comparación de demanda insatisfecha y ahorro para cuatro proyecciones de clima y cuatro opciones de adaptación .....	206
12.2	Costo-eficiencia de la adaptación para el suministro de agua urbana y el regadío .....	207
13.1	Promedio regional y zonas sensibles en materia de acceso a agua y saneamiento seleccionadas en América Latina y el Caribe, 2010 .....	215
13.2	Niveles estimados de tratamiento de aguas residuales para países seleccionados, 2011-2013.....	217
14.1	Ubicación y estado de fondos de agua en América Latina, diciembre de 2013.....	236



## Autores participantes

**Ismael Aguilar-Barajas** es profesor titular del Departamento de Economía de la Escuela de Ciencias Sociales y Gobierno, e investigador asociado del Centro del Agua para América Latina y el Caribe del Tecnológico de Monterrey, México.

**Erick Roberto Bandala González** es profesor-investigador en la División de Ciencias Hidrológicas, Dessert Research Institute, EE.UU.

**Silvia Benítez** trabaja en The Nature Conservancy (TNC), en la región de América Latina.

**Peter Börkey** trabaja en la Dirección de Medio Ambiente de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE).

**Marcelo Borsellino** trabaja en la Comisión Regional del Río Bermejo (COREBE), Argentina.

**Eugene Brantly** trabaja en el RTI International Inc., Research Triangle Park, NC, EE.UU.

**Greg Browder** es especialista principal en agua y saneamiento del Banco Mundial en la región de América Latina y el Caribe.

**Lucía Burgos Salvador** es una especialista en gestión social en el Programa de Saneamiento Ambiental de la Empresa Pública de Agua Potable y Saneamiento de Quito, Ecuador.

**Alejandro Calvache** trabaja en el Programa de Conservación del Norte de los Andes y el Sur de Centroamérica de The Nature Conservancy (TNC).

**Edgardo Castellano** trabaja en la Comisión Regional del Río Bermejo (COREBE), Argentina.

**Carlos Costa Posada** es decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad La Salle, en Bogotá, y ex ministro de Vivienda, Medio Ambiente y Desarrollo Territorial de la República de Colombia.

**Anthony A. Cox** es director adjunto de la Dirección de Medio Ambiente de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE).

**Robert Dykes** trabaja en RTI International Inc., Research Triangle Park, NC, EE. UU.

**Ricardo Hirata** es profesor del Instituto de Geociencias y vicedirector del Centro de Investigación de Aguas Subterráneas (CEPAS) de la Universidad de São Paulo, Brasil.

**Antonio A. R. Ioris** es señor lecturer en la Escuela de Geografía y Planeación de la Universidad de Cardiff, Reino Unido.

**Jonathan Kaledin** es consultor independiente y anteriormente afiliado al programa asociado del Instituto Internacional del Agua de Estocolmo.

**Rogelio Ledesma** es un especialista de agua en el Centro del Agua para América Latina y el Caribe del Tecnológico de Monterrey, México.

**Jorge León** trabaja en The Nature Conservancy (TNC), en la región de América Latina.

**Jürgen Mahlknecht** es líder del grupo de investigación estratégica en Ciencias y Tecnología del Agua del Tecnológico de Monterrey, Escuela de Ingeniería y Ciencias, México.

**Poliopetro F. Martínez Austria** trabaja en el Grupo de Ciencias del Agua de la Universidad de las Américas en Puebla, México.

**Abel Mejía Betancourt** es asesor principal en agua de CAF, banco de desarrollo de América Latina, y exgerente sectorial de agua del Banco Mundial.

**Fernando Miralles-Wilhelm** es profesor en el Departamento de Ciencias Atmosféricas y Oceánicas de la Universidad de Maryland y asesor en recursos hídricos del Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, D.C., EE. UU.

**Fekadu Moreda** trabaja en RTI International Inc., Research Triangle Park, NC, EE. UU.

**Raúl Muñoz-Castillo** trabaja en la División de Saneamiento y Agua del Banco Interamericano de Desarrollo, Washington D.C., EE. UU.

**Raúl Pacheco-Vega** es profesor adjunto de la División de Administración Pública del Centro de Investigación y Docencia Económicas (CIDE) de México.

**Dilma Pena** es consultor independiente y anteriormente presidenta de la Compañía de Saneamiento Básico del Estado de São Paulo (SABESP) y exdirectora de la Agencia Nacional del Agua (ANA) de Brasil.

**Aldo Iván Ramírez-Orozco** es profesor titular del Departamento Regional Tecnologías Sustentables y Civil del Tecnológico de Monterrey, Escuela de Ingeniería y Ciencias, Tecnológico de Monterrey.

**Aurelio Ramos** trabaja en The Nature Conservancy (TNC), en la región de América Latina.

**Jay Rineer** trabaja en RTI International Inc., Research Triangle Park, NC, EE. UU.

**Nicholas P. Sisto** es profesor titular del Centro para Estudios Socioeconómicos de la Universidad Autónoma de Coahuila, México.

**Carlos Felipe Urazán Bonells** es profesor titular de la Facultad de Ingeniería de la Universidad La Salle de Bogotá, Colombia.

**Fernando Veiga** trabaja en The Nature Conservancy (TNC) en la región de América Latina.

**Edder A. Velandía Durán** trabaja en el Programa de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad La Salle de Bogotá, Colombia.

**Xavier Vidal Pacurucu** es director ejecutivo del Programa de Saneamiento Ambiental de la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito, Ecuador.

**Bill Wheaton** trabaja en RTI International Inc., Research Triangle Park, NC, EE. UU.

**Alan Wyatt** trabaja en RTI International Inc., Research Triangle Park, NC, EE. UU.

**Othón Zevallos Moreno** es consultor de agua y saneamiento y exdirector general de la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito, Ecuador.



# Prólogo

*Sergio Campos. Jefe de la División de Agua y Saneamiento del Banco Inter-Americano de Desarrollo*

*Vidal Garza. Director de Asuntos Públicos y Relaciones Institucionales. FEMSA*

En el siglo XXI las ciudades serán la clave de la sostenibilidad; comprender su relación con el agua será fundamental para alcanzar una senda de desarrollo más duradera. Esto se ha venido reconociendo en la arena internacional. El tema de la Semana Mundial del Agua del Instituto Internacional del Agua de Estocolmo celebrada en 2011 se centró precisamente sobre el agua en un mundo que se urbaniza.

Sin embargo, existen grandes lagunas en la literatura sobre esta cuestión, tanto en lo que se refiere a los conceptos teóricos como a los estudios de caso. Comprender el potencial de las ciudades para afrontar los retos de la sostenibilidad es un tópico apremiante en la actualidad y lo será todavía más en los años venideros.

Latinoamérica es una de las regiones más urbanizadas del mundo –su proporción actual de población urbana (80 por ciento) es la segunda, después de América del Norte (81 por ciento)– y tiene una oportunidad histórica de alcanzar niveles más altos de desarrollo económico, reducir la desigualdad y cerrar la brecha existente en infraestructura para el año 2030, particularmente con respecto a agua y saneamiento. En 2050, casi el 90 por ciento de la población de la región vivirá en ciudades, a menudo localizadas cerca del mar y expuestas a amenazas intrínsecamente vinculadas al agua y al cambio climático, como las inundaciones, la elevación de los niveles del mar y las sequías.

Es en este marco que agradecemos la oportunidad de presentar este libro excelente, el cual aborda un abanico de asuntos relacionados con el agua y las ciudades en la región latinoamericana. El libro utiliza una perspectiva de desarrollo, que arroja luz sobre los retos derivados de la búsqueda simultánea de crecimiento económico, inclusión social y responsabilidad ambiental. En ese sentido, se proporcionan planteamientos interesantes y lecciones útiles para el diseño de políticas públicas.

Estamos convencidos de que este libro, el cual integra el trabajo de casi 40 autores de diferentes países latinoamericanos y de otras regiones del mundo, contribuirá sustancialmente a llenar el hueco existente en la literatura. Las cuatro partes de esta obra están bien equilibradas y dan al lector suficiente espacio para descubrir los alcances y las limitaciones de la planeación en relación con la naturaleza, el agua, las ciudades y el desarrollo sostenible. Este libro se convertirá seguramente en una lectura esencial para los responsables de la planeación de políticas de agua, urbanas y ambientales, así como para académicos, políticos, actores del sector privado y de la sociedad civil en general, en América Latina y en el resto del mundo.

Este libro se publicó originalmente en inglés, en el año 2015, bajo el sello editorial de Earthscan / Routledge. Es ante la convicción expresada en el párrafo anterior que el Banco Interamericano de Desarrollo, con el acuerdo y cooperación de las instituciones que lo editaron, decidió apoyar la publicación de esta obra en español, para llegar más asequiblemente a una audiencia latinoamericana e internacional interesada en este tema. Si bien esta nueva edición estuvo contemplada desde que se inició la obra original, animó mucho la excelente recepción que se tuvo en su presentación durante la Semana Mundial del Agua de Estocolmo, en 2015.



# Agradecimientos

Este libro no podría haber sido preparado ni publicado sin la contribución de diversas instituciones y personas. Originalmente el libro se publicó en inglés, con el título *Water and Cities in Latin America: Challenges for Sustainable Development*, por la editorial Earthscan / Routledge, en mayo de 2015. Es por ello que los primeros reconocimientos se refieren a esta edición. Agradecemos a los autores de los capítulos que componen esta obra, por su confianza y por compartir su experiencia de muchos años en esta publicación. La revisión de la editorial y por pares de la propuesta original del libro fue muy útil para focalizar mejor el proyecto. Les estamos muy agradecidos por ello. El Centro del Agua para América Latina y el Caribe, del Tecnológico de Monterrey, México, proporcionó los recursos financieros para costear tareas clave: los servicios de edición y traducción profesional así como la elaboración y edición de las figuras que aparecen en este libro. En este sentido, agradecemos la generosa contribución del Banco Interamericano de Desarrollo y la Fundación FEMSA.

El trabajo editorial del Instituto Internacional del Agua de Estocolmo (SIWI, por sus siglas en inglés) en este libro fue generosamente apoyado por la Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo (Sida, por sus siglas en inglés). Este organismo contribuye directamente a la implementación de la estrategia del Instituto y apoya las actividades mediante el Fondo para la Gobernanza del Agua del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

Robert Showman hizo una gran traducción del español al inglés de los capítulos 9, 10 y 11. Alice Franek no solo realizó una edición realmente excelente del manuscrito, sino que también dio lecciones de integridad. Su trabajo fue mucho más allá de sus responsabilidades.

La preparación del manuscrito para publicación requirió la colaboración de personas verdaderamente comprometidas y competentes. Abigail Juárez Rivero fue de gran ayuda para asegurar que el manuscrito cumpliera rigurosamente las normas de Earthscan. Su cuidadosa dedicación queda reflejada en todo el libro. Carol Tamez Meléndez también apoyó esta tarea, además de ayudar parcialmente en el proceso de edición. Cynthia Ortega preparó las figuras, una tarea esencial, pero difícil, que realizó con gran entrega.

El Centro del Agua también facilitó la realización de muchas actividades administrativas durante todo el proceso –desde la idea original hasta la publicación final del libro. Los nombres de Gloria Catalina Ayala y Adalberto Calzada deben

ser mencionados. El Departamento de Economía, del Tecnológico de Monterrey, contribuyó igualmente a las labores administrativas mediante el trabajo siempre diligente de Reyna Tovar.

Estamos en deuda, asimismo, con Earthscan por su apoyo y estímulo en general para producir este libro en su versión en inglés así como el permiso para su publicación en español. La comprensión y flexibilidad de Tim Hardwick y Ashley Wright para resolver cuestiones difíciles fue muy notable. Sin su ayuda, no habríamos completado la obra. Más concretamente, Ashley tuvo que afrontar muchos problemas serios, los que consiguió resolver manteniendo siempre una actitud positiva. El trabajo realizado por la firma HWA en la última fase de producción del libro en inglés fue de alta calidad; Holly Knapp se encargó de esta última parte con energía y una disposición excelente.

La publicación en español de este libro ha sido posible gracias a diversos apoyos. Por supuesto, se reconoce el de las instituciones que respaldaron esta iniciativa, de principio a fin: El Centro del Agua para América Latina y el Caribe, el Tecnológico de Monterrey, la Fundación FEMSA, y muy particularmente del Banco Interamericano de Desarrollo. La División de Agua y Saneamiento, así como la Gerencia de Conocimiento y Aprendizaje, siempre vieron con entusiasmo este proyecto y aportaron su experiencia en materia de comunicación y en trabajo editorial para lograr la obra en español que ahora se publica. Esto fue posible gracias a la confianza en esta iniciativa de Sergio Campos y de Federico Basáñez, responsables de estas áreas, respectivamente. El arduo trabajo de producción del libro por parte del Banco estuvo a cargo de Anamaria Núñez Zelaya, Norma Estela Palomino, Ivette Fis de Melo y Kamilal Shani Lester. Este trabajo fue muy profesional. La traducción del inglés al español fue realizada por Ana Gerez. Su trabajo fue en verdad excepcional, no solo por su calidad sino por su gran profesionalismo. La revisión minuciosa de la traducción fue hecha por los dos primeros editores, con el apoyo del profesor Aldo Iván Ramírez, del Centro del Agua para América Latina y el Caribe, en los capítulos 7, 9 10 y 12. Los editores agradecemos a Sergio Campos y a Vidal Garza (entonces director de la Fundación FEMSA y ahora Director de Relaciones Institucionales de FEMSA), la autoría del prólogo a las dos ediciones.

Por último, pero no menos importante, están nuestras familias, que tuvieron que pagar un alto precio por las largas horas que dedicamos a este proyecto. Es absolutamente necesario expresar nuestro agradecimiento a ellas.

# Acrónimos y abreviaciones

3T	Tarifas, tributos y transferencias
ACNUR	Agencia de las Naciones Unidas para los Refugiados en Colombia
ADERASA	Asociación de Entes Reguladores de Agua Potable y Saneamiento de las Américas
AFIN	Asociación para el Fomento de la Infraestructura Nacional
AGW-Net	Red Africana de Aguas Subterráneas
AHD	Datos Hidrológicos Analíticos
ALC	América Latina y el Caribe
ANA	<i>Agência Nacional de</i> Águas (Agencia Nacional de Aguas)
ANF	Agua no facturada
AOD	Asistencia Oficial al Desarrollo
APP	Asociaciones público-privadas
APPJ	Agua para los Pueblos Jóvenes
APT	Agua para Todos
ARIMA	Modelo autorregresivo integrado de media móvil
ARSESP	<i>Agência Reguladora de Saneamento e Energia do Estado de São Paulo</i> (Agencia Reguladora de Saneamiento y Energía del Estado de São Paulo)
ASCE	<i>American Society of Civil Engineers</i> (Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles)
BAS	Bogotana de Aguas y Saneamiento
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BIE	Banco de Información Económica
BOT	<i>Build-operate-transfer</i> (Construcción-operación-transferencia)
BRGM	<i>Bureau de Recherches Géologiques et Minières</i> (Oficina de Investigaciones Geológicas y Mineras)

BRIC	Brasil, Rusia, India y China
BTO	<i>Build-transfer-operate</i> (Construcción-transferencia-operación)
CAF	Corporación Andina de Fomento (Banco de desarrollo de América Latina)
CAMAREN	Consortio de Capacitación para el Manejo de los Recursos Naturales Renovables
CAR	Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca
Cat-Del	Catskill-Delaware
CDHU	<i>Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano</i> (Compañía de Desarrollo Habitacional y Urbano)
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CEAA	Comisión Estatal de Agua y Alcantarillado
CERNL	Consejo Estatal para la Reconstrucción de Nuevo León
CETESB	<i>Companhia Ambiental do Estado de São Paulo</i> (Compañía ambiental del estado de São Paulo)
CFR	<i>Code of Federal Regulations</i> (Código de Regulaciones Federales)
CIAT	Centro Internacional de Agricultura Tropical
CIMA	Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera
CNA	Comisión Nacional del Agua
COMPESA	<i>Companhia Pernambucana de Saneamento</i> (Compañía Pernambucana de Saneamiento)
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
CONPES	Consejo Nacional de Política Económica y Social
COREBE	Comisión Regional del Río Bermejo
COSUDE	Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación
COVAAP	Comité de Vigilancia para el Agua Potable
CRA	Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico
CSOs	<i>Combined sewer overflows</i> (Desbordamientos de aliviaderos mixtos)
CWA	<i>Clean Water Act</i> (Acta de Agua Limpia)
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
DC	Distrito capital
DNP	Departamento Nacional de Planeación
EAAB	Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá
EEQ	Empresa Eléctrica de Quito
EIA	Evaluación del impacto ambiental
EM	Evaluación de los Ecosistemas del Milenio
EMGESA	Empresa de Energía de Bogotá

EMP	Empresas Públicas de Medellín
ENACAL	Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i> (Agencia de Protección Ambiental)
EPMAPS	Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento
EPMASEO	Empresa Pública Metropolitana de Aseo
ETr	Evapotranspiración
FABHAT	<i>Fundação Agência da Bacia Hidrográfica do Alto Tieté</i> (Fundación Agencia de la Cuenca Hidrográfica del Alto Tieté)
FAD	<i>Filtration avoidance determination</i> (Certificado de eliminación del filtrado)
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FINDETER	Financiera de Desarrollo Territorial
FMAM	Fondo para el Medio Ambiente Mundial
FONAG	Fondo para la Protección del Agua
FOPAE	Fondo de Prevención y Atención de Emergencias de Bogotá
GRTB	Grupo Regional de Trabajo de Benchmarking
GWLF	<i>Generalized Watershed Loading Factor</i> (Función generalizada de carga en cuencas)
GW-MATE	<i>Ground Water Management Advisory Team</i> (Equipo asesor de gestión en aguas superficiales)
GWP	<i>Global Water Partnership</i> (Asociación Mundial para el Agua)
IBNET	<i>International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities</i> (Red Internacional de Comparaciones para Empresas de Agua y Saneamiento)
IFI	Instituciones financieras internacionales
INEGI	Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático)
IPM	Índice de producción manufacturera
IVM	Índice de ventas minoristas
Km	Kilómetros
JMP	Programa Conjunto de Monitoreo
LAP	<i>Lands Acquisition Programme</i> (Programa de adquisición de tierras)
m	Metros
m <sup>3</sup> /s	Metros cúbicos por segundo
mm <sup>3</sup>	Millones de metros cúbicos
mm	Milímetros
MCG	Modelos de circulación general

MDE	Mapa digital de elevaciones
MDMQ	Municipalidad del Distrito Metropolitano de Quito
MMSD	<i>Milwaukee Metropolitan Sewerage District</i> (Agencia de alcantarillado para el área metropolitana de Milwaukee)
MWRA	<i>Massachusetts Water Resources Authority</i> (Autoridad de Recursos Hídricos de Massachusetts)
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i> (Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio)
NCEP	<i>National Centres for Environmental Prediction</i> (Centros Nacionales de Predicción Ambiental)
NHD Plus	<i>National Hydrography Dataset Plus</i> (Serie Plus de Datos Hydrográficos Nacionales de los Estados Unidos)
NOAA	<i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i> (Administración Nacional de los Océanos y la Atmósfera)
NWC	<i>National Water Commission</i> (Comisión Nacional del Agua)
NYCDEP	<i>New York City Department of Environmental Protection</i> (Departamento de Protección Ambiental de la ciudad de Nueva York)
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
ODM	Objetivos de Desarrollo del Milenio
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONG	Organización no gubernamental
ONU	Organización de las Naciones Unidas
OSE	Obras Sanitarias del Estado
PDW	<i>Philadelphia Water Department</i> (Departamento de Agua de Filadelfia)
PIB	Producto Interno Bruto
PLANASA	<i>Plano Nacional do Saneamento</i> (Plan Nacional de Saneamiento)
PME	Programa de Modernización de Empresas
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
POMCA	Plan de Manejo y Ordenamiento de una Cuenca
POT	Plan de Ordenamiento Territorial
PPI	Participación privada en infraestructura
PSA	Programa de Protección de las Laderas del Pichincha y Programa de Saneamiento Ambiental
PSE	Pago por servicios ecosistémicos
PSP	Participación del sector privado
PTAR	Planta de tratamiento de aguas residuales
RHVM	Región Hidrológica del Valle de México
Rio +20	Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible celebrada en Río de Janeiro

RMSP	Región Metropolitana de São Paulo
RSC	Responsabilidad Social Corporativa
SABESP	<i>Companhia de Saneamento</i> Básico do Estado de São Paulo (Compañía de Saneamiento Básico del Estado de São Paulo)
SACMEX	Sistema de Aguas de la Ciudad de México
SADM	Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey
SAS	Servicios de agua y saneamiento
SDP	Secretaría Distrital de Planeación de Bogotá
SDWA	<i>Safe Drinking Water Act</i> (Ley sobre Agua Potable Segura)
SEDAPAL	Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima
SFP	<i>Strategic financial planning</i> (Planeación financiera estratégica)
SIG	Sistema de información geográfica
SIRE	Sistema de Información para el Manejo de Riesgos y la Atención de Emergencias de Bogotá
SISS	Superintendencia de Servicios Sanitarios
SPU	<i>Seattle Public Utilities</i> (Empresa de servicios públicos de Seattle)
SRTM	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i> (Misión de Topografía por Radar del Transbordador Espacial)
SSPD	Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios
SST	Sólidos Suspendidos Totales
SUDS	<i>Sustainable urban drainage system</i> (Sistema de drenaje urbano sostenible)
TNC	<i>The Nature Conservancy</i>
TRMM	<i>Tropical Rainfall Measurement Mission</i> (Misión de Medición de las Lluvias Tropicales)
USGS	<i>United States Geological Survey</i> (Servicio Geológico de los Estados Unidos)
WASH	Agenda de Agua, Saneamiento e Higiene
WEF	<i>World Economic Forum</i> (Foro Económico Mundial)
Wisconsin DNR	<i>Wisconsin Department of Natural Resources</i> (Departamento de Recursos Naturales de Wisconsin)
WWAP	<i>World Water Assessment Programme</i> (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos)
WWF	<i>World Wide Fund for Nature</i> (Fondo Mundial para la Naturaleza)
ZMVM	Zona Metropolitana del Valle de México





# Introducción

*Ismael Aguilar-Barajas, Jürgen Mahlknecht,*

*Jonathan Kaledin, Marianne Kjellén*

*Abel Mejía-Betancourt*

## ¿Por qué este libro?

Existen pocas publicaciones sobre el agua y el desarrollo urbano en América Latina. Este libro busca llenar el vacío conceptual y operacional existente sobre los vínculos entre el agua, la urbanización y el desarrollo sostenible en el contexto latinoamericano. El contenido está principalmente basado en la experiencia y las lecciones aprendidas del contexto específico de las ciudades latinoamericanas. El libro ha sido escrito teniendo en mente diferentes audiencias: principalmente, los responsables de la toma de decisiones y la planeación en el sector público, los profesionales que trabajan en el sector del agua y en temas relacionados con el sector en todo el mundo; así como un público más amplio, incluyendo el mundo académico, el sector privado y la sociedad civil. Este libro se dirige a todas las personas interesadas en una mayor comprensión de la elaboración de las políticas relacionadas con el nexo entre el agua y las ciudades y cómo las políticas en esta área se han implementado en países que todavía luchan por alcanzar niveles más altos de desempeño económico y social –incluyendo una cobertura total de los servicios en sus ciudades–, buscando, al mismo tiempo, un equilibrio con sus preocupaciones ambientales y climáticas.

Si se considera que el 80 por ciento de la población de América Latina vive en áreas urbanas y que, por lo tanto, concentran las demandas municipales e industriales y la presión regional sobre los recursos hídricos de esas áreas, resulta sorprendente que haya tan pocos análisis sistemáticos sobre cómo están vinculados los problemas urbanos asociados al agua desde el nivel de diseño de política a proyectos específicos sobre el terreno, y las brechas significativas de infraestructura y vacíos de gobernabilidad que existen para proporcionar servicios adecuados de agua en la mayoría de las ciudades. Esta es la principal razón por la que el Centro del Agua para América Latina y el Caribe del Tecnológico del Monterrey, en México, asume el liderazgo para llenar esta laguna analítica.

La Semana Mundial del Agua celebrada en 2011 estuvo dedicada al Agua en un Mundo Urbanizado y proporcionó el impulso necesario para producir este libro; el Instituto Internacional del Agua de Estocolmo se sumó a la iniciativa y aportó su liderazgo en materia de políticas y una visión global sobre estos temas. En consecuencia, este libro se nutre en gran medida del material original presentado en la Semana Mundial del Agua de 2011. También presenta contribuciones de autores invitados, con un énfasis en el agua y las ciudades, pero sin limitarse a América Latina (hay un capítulo con

las lecciones importantes de las ciudades de los Estados Unidos en infraestructura verde). Los autores de los diferentes capítulos tienen distintos orígenes profesionales, incluyendo la administración pública, las organizaciones internacionales, el mundo académico y los profesionales del sector. De esta forma, el libro ofrece una rica reflexión sobre el nexo entre el agua y las ciudades desde diversas perspectivas.

## **Descripción del libro**

“Agua y Ciudades en América Latina” está estructurado en cuatro partes. La primera contiene tres capítulos contextuales que proporcionan el marco general del libro, poniendo énfasis en su importancia conceptual y para las políticas públicas. La segunda parte comprende cinco capítulos centrados en temas clave del agua y el saneamiento, como el acceso universal al agua, la gobernanza del saneamiento y las aguas residuales, el uso del agua subterránea y la política social. La tercera parte tiene cuatro capítulos dedicados a cómo la planeación de la ciudad y el desarrollo urbano pueden afrontar el cambio climático y la mitigación de riesgos de una forma constructiva. La cuarta y última parte examina, en tres capítulos, la importante evolución del crecimiento verde y la infraestructura verde en las ciudades de América Latina, incluyendo reflexiones sobre cómo ciudades de los Estados Unidos han asumido estos conceptos y los han puesto en práctica.

A continuación, se presenta un resumen de los capítulos.

### ***Parte I: Agua, ciudades y financiamiento***

Estos capítulos contextuales proporcionan el marco de este libro al poner de relieve su importancia conceptual y para las políticas públicas, así como el papel fundamental del financiamiento de la infraestructura de agua en las ciudades. El capítulo 1 establece los vínculos entre el agua, las ciudades y el desarrollo sostenible basándose en una revisión actualizada de los estudios académicos más recientes en torno a este nexo. El capítulo 2 aborda la cuestión de por qué es importante el agua urbana desde la perspectiva de los profesionales del sector, con una reflexión sobre la integración de las áreas de políticas públicas e infraestructura. El capítulo 3 aporta la visión de una organización internacional y se centra en el tema urgente del financiamiento de los servicios de agua y saneamiento.

Aguilar Barajas expone, en el capítulo 1, que para los responsables de la planeación y la toma de decisiones es esencial y complejo vincular el agua, las ciudades y el desarrollo. Esto requiere una comprensión profunda de los principios fundamentales del desarrollo, de manera que los análisis de las políticas públicas consideren de forma conjunta el crecimiento económico, el desarrollo social y las preocupaciones ambientales. Dentro de este marco, se presta una atención especial a los temas de pobreza, redistribución del ingreso y financiamiento de infraestructura. Una parte del capítulo está dedicada a conectar el agua y las ciudades con el cambio climático y la gestión del riesgo, especialmente respecto a su dimensión local, que es donde realmente importan los aspectos prácticos de la implementación de las políticas públicas.

El autor propone que se necesita un planteamiento más holístico, con una gestión del agua urbana más coherente que esté en línea con las políticas e instituciones de gobernanza del agua urbana, desde el nivel nacional hasta el local. El capítulo finaliza con un llamado para más y mejor trabajo empírico, información estadística e investigación sobre agua y ciudades.

En el capítulo 2, Mejía Betancourt destaca una variedad de interconexiones físicas en la infraestructura de agua urbana y explica por qué los planificadores y los profesionales del sector necesitan una comprensión profunda de los nexos entre las ciudades y el agua. El capítulo plantea que, pese a las muchas conexiones evidentes entre la planeación urbana, la gestión del agua y el desarrollo, los lazos institucionales todavía son muy insuficientes, con una integración mínima tanto a nivel conceptual como práctico. Hay un supuesto subyacente de que todas las dimensiones de la vida urbana –desde la salud a las telecomunicaciones y, por supuesto, el agua– son abordadas de algún modo dentro del marco establecido de planeación urbana. Contrariamente a este punto de vista, según este autor, los servicios de agua urbana son multidimensionales y así debería ser también la naturaleza de la respuesta de política pública.

El capítulo tiene tres mensajes principales. El primero es que los responsables de la planeación y la toma de decisiones necesitan más análisis y la integración efectiva de cuestiones como uso del suelo, transporte, gestión ambiental, vivienda y recolección y disposición de residuos sólidos. Segundo, si se pusiera el crecimiento económico de América Latina en una perspectiva social, sería posible cerrar la brecha existente y proporcionar acceso universal a los servicios de agua. Tercero, se necesitan importantes reformas para mejorar las políticas y las instituciones, lo que llevará a una gobernanza más fuerte y una mayor rendición de cuentas desde la perspectiva social.

El capítulo 3 (Cox y Börkey) parte de la premisa de que asegurar un financiamiento adecuado para los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento es un asunto mayor de política pública para los países del mundo. El capítulo examina detenidamente las opciones de política involucradas en este financiamiento –respondiendo tanto a retos universales como a los más pertinentes para América Latina. Los autores señalan que muchos países, incluidos varios latinoamericanos, tienden a elaborar planes ambiciosos para desarrollar una infraestructura para el suministro de agua y saneamiento orientada al desarrollo económico y social, pero con frecuencia esos planes cuentan con un financiamiento insuficiente y tienen dificultades para cubrir no solo las necesidades de inversión, sino también las de operación y mantenimiento. A falta de un ‘financiamiento sostenible’ para el abastecimiento de agua y saneamiento, como lo llaman los autores, surgen consecuencias adversas para los usuarios, especialmente los más pobres.

La planeación financiera es absolutamente crítica para cumplir los objetivos de la provisión de servicios de abastecimiento de agua y saneamiento. Esto incluye encontrar el equilibrio adecuado entre las diferentes fuentes de financiación, reflexionando sobre cómo afrontar los retos financieros y estableciendo estrategias a medio y largo plazo. Se necesitan tanto mecanismos financieros estándar como mecanismos innovadores para cerrar la brecha y apoyar la transición hacia un sector del agua y el saneamiento sostenible. Los autores sugieren que los países y los municipios deberían movilizar fondos de una variedad de fuentes e incrementar la contribución de las tres T (tarifas, tributos y transferencias), así como explorar formas de reducir los costos e incrementar la eficiencia en el uso del agua. Hay grandes retos para establecer los niveles de tarifas a fin de cubrir las necesidades de financiamiento teniendo en cuenta al mismo tiempo consideraciones sociales, especialmente desde las perspectivas política y regulatoria, lo que subraya la importancia de una planeación integrada sensata de largo plazo. A medida que la economía general de la región crece, se da también la posibilidad de hacer un uso más efectivo de la participación financiera del sector privado.

Después de estos capítulos con el marco general, la parte siguiente se concentra en asuntos específicos, con ejemplos de una variedad de ciudades en América Latina.

## **Parte II: La gestión de los servicios de agua y saneamiento**

La segunda parte de este libro se centra en cuestiones clave seleccionadas sobre el agua y el saneamiento, como el acceso universal, la gobernanza del saneamiento y las aguas residuales, el uso del agua subterránea y la política social. La cobertura geográfica comienza con un panorama general, para centrarse después en ciudades seleccionadas, como São Paulo y la Ciudad de México. Pese a las diferencias que presentan los estudios de caso, los capítulos subrayan varias similitudes, especialmente en lo que respecta al conocimiento técnico requerido para una gestión urbana y del agua más eficaz, la preocupación por la política social y la necesidad general de una planeación más comprensiva, por ejemplo, la planeación conjunta de los recursos hídricos superficiales y subterráneos.

El capítulo 4 (Pena) se centra en la política general y los principales programas para lograr el acceso universal a servicios de abastecimiento de agua y saneamiento en el estado de São Paulo, Brasil. Se pone una atención especial en la empresa de agua del estado (SABESP), la principal entidad responsable de la implementación de la política de agua y saneamiento de São Paulo y la mayor empresa de suministro de agua y saneamiento de las Américas. El avance para lograr el acceso universal al agua y al saneamiento de la última década ha sido posible gracias a una combinación de inversiones selectivas, determinación política y planeación efectiva. En especial, se han realizado esfuerzos para conseguir un financiamiento más sostenible de los servicios de agua y saneamiento. Una regulación eficaz ha demostrado ser beneficiosa tanto para los consumidores como para los servicios públicos. Sin embargo, todavía quedan importantes desafíos, ilustrados principalmente por los conflictos entre el estado de São Paulo y el Gobierno federal respecto a los principales ríos que alimentan el sistema de abastecimiento de agua de São Paulo.

Los retos más urgentes en materia de agua en la región metropolitana de São Paulo son la escasez del recurso, la contaminación de las fuentes y los embalses que están rodeados de áreas construidas sin una adecuada recolección de las aguas residuales, y las inundaciones urbanas. Pese a un avance claro en la cobertura de la red, todavía se necesita realizar un importante trabajo para mejorar los servicios de alcantarillado y ampliar la depuración y disposición de aguas residuales. Esto es especialmente evidente en la periferia urbana, donde la ocupación informal de la tierra por las *favelas*, frecuentemente en áreas propicias a las inundaciones y a los deslizamientos de tierra, plantea serios problemas para los residentes, así como para los cuerpos de agua que los rodean. Por tanto, se considera que es un deber de las políticas públicas del Estado prestar una mayor atención a los grupos desfavorecidos. La autora reconoce que los objetivos de desarrollo sobre el abastecimiento de agua y saneamiento para los próximos años son ambiciosos y serán difíciles de conseguir en términos de complejidad técnica, costos e implicaciones sociales y ambientales. SABESP necesitará una orientación reguladora acertada, respaldada por la participación de la sociedad civil, para que sea viable política y financieramente.

El capítulo 5 (Ioris) expone la economía política del desarrollo de servicios de agua en Lima, Perú. La principal tesis del autor es que las iniciativas convencionales del sector público durante las últimas décadas para responder a la rápida urbanización y a las demandas de agua han tenido únicamente un éxito parcial porque trataban a las diferentes clases socioeconómicas de la ciudad de manera injusta. Esta situación ha producido una escasez de agua de origen humano, que se siente especialmente en la zona periférica con bajos ingresos de la ciudad –una situación que refuerza las disparidades y las desigualdades sociales heredadas de generaciones anteriores. La migración rural a Lima ha acentuado la expansión caótica de la ciudad y exacerbado la carencia de agua. Sin embargo, los problemas están estrechamente vinculados con las malas prácticas de gestión, caracterizadas por la interferencia política y la asignación errática de los recursos.

El autor opina que para comprender los retos actuales y futuros en materia de agua en Lima (y en otras ciudades latinoamericanas), es necesario profundizar en la historia de la ciudad así como analizar los temas interrelacionados de vivienda, transporte, empleo y disparidad económica. Dentro de esta perspectiva más general, cabe destacar dos cuestiones específicas: que las organizaciones comunitarias deberían pedir y reivindicar su derecho a servicios de agua y que Lima es un excelente ejemplo para demostrar que el análisis de las desigualdades en materia de agua dan una buena perspectiva de las complejidades de la ciudad latinoamericana.

El capítulo 6 (Pacheco Vega) examina los desafíos en materia de calidad del agua que enfrenta la gestión de las aguas residuales urbanas en América Latina. El autor explica que el análisis de la gobernanza del agua generalmente se centra en el abastecimiento, la demanda y la distribución; se debate mucho menos la cuestión del saneamiento y las aguas residuales. Este capítulo proporciona un diagnóstico útil así como sugerencias sobre cómo los gobiernos pueden mejorar los servicios de saneamiento en las ciudades latinoamericanas. En la región, la provisión de servicios públicos es generalmente responsabilidad de los municipios. Sin embargo, gobiernos estatales y provinciales e incluso las agencias federales están asumiendo cada vez más un papel mayor en la importante tarea de gestionar los recursos hídricos y la provisión del servicio. Este traslape jurisdiccional y la falta de un marco institucional robusto generan conflictos entre los organismos y complican las posibilidades de iniciativas colaborativas multinivel.

El capítulo 6 finaliza con un llamado a favor de una agenda de investigación sobre la gobernanza del agua urbana en América Latina. En la elaboración de esta agenda, se deben considerar cuidadosamente temas clave. El agua residual, a diferencia del agua dulce, es por lo general un área descuidada. Un tema que surge en otros capítulos está también presente en este: la dimensión política de la gestión del agua. El autor concluye que se debería buscar la combinación adecuada de políticas públicas para una fuerte gobernanza de las aguas residuales urbanas y que no hay una 'barita mágica' para el diseño y la implementación de políticas de saneamiento. La comprensión de los factores contextuales y los mecanismos causales de lo que funciona y lo que no, se convierte en una cuestión esencial.

El capítulo 7 (Martínez y Bandala) se centra en cómo son gestionados los servicios de agua urbanos, incluyendo el abastecimiento de agua, el drenaje de agua de lluvia y el tratamiento de aguas residuales, en la Ciudad de México, una megalópolis global con 20 millones de personas. El crecimiento demográfico y económico, especialmente durante la segunda mitad del siglo XX, han sido siempre las principales fuerzas motoras de las nuevas fuentes de agua e instalaciones de saneamiento, así como de la protección contra las sequías y las inundaciones en esta cuenca hidrográfica cerrada. Las presas para el control de las inundaciones no pueden funcionar a niveles casi óptimos debido, entre otras razones, a los asentamientos urbanos informales cerca de los ríos y las quebradas. Para afrontar la escasez en el abastecimiento de agua se ha recurrido a una sobreexplotación de los acuíferos del Valle de México. A su vez, la subsidencia de la tierra resultante de esa sobreexplotación está dificultando proporcionar y mantener la infraestructura hidráulica y los servicios de saneamiento.

Los autores examinan grandes proyectos de infraestructura para abordar los graves problemas vinculados al agua de lluvia, el alcantarillado y los sistemas de drenaje de aguas pluviales, así como las formas de mejorar la gestión de los residuos sólidos y el control de las fuentes de contaminación no puntuales. La planta de tratamiento de aguas residuales de *Atotonilco*, que representa una inversión de mil millones de dólares, será la mayor de México y una de las mayores de su tipo en el mundo. Su construcción aborda directamente el problema de que, pese a un incremento en el número de plantas de tratamiento, más del 70 por ciento de las aguas residuales

producidas por la Ciudad de México todavía son vertidas al ambiente sin tratamiento. Uno de los principales temas políticos identificados por los autores es la dispersión de responsabilidades y la falta de coordinación entre y dentro de las instituciones. Financieramente, la ciudad siempre ha pasado por dificultades cuando ha tratado de abordar los problemas y los desafíos asociados al abastecimiento de agua, el agua pluvial y el drenaje, derivadas de una brecha fiscal crónica.

El capítulo 8 (Mahlknecht, Hirata y Ledesma Ruiz) proporciona un panorama de la gestión del agua subterránea en las zonas urbanas de América Latina. Es ilustrado con los casos de Ciudad de México y São Paulo, las dos mayores metrópolis de la región. Los autores demuestran que el agua subterránea tiene un papel crucial y estratégico como fuente de agua urbana y para el desarrollo sostenible, pero no se valora bien su importancia, no solo en América Latina sino también en otras regiones del mundo. Se comprenden mal las complejidades de la dinámica del agua subterránea. Es raro un monitoreo continuo y comprensivo del agua subterránea, incluso en países relativamente ricos y con autoridades responsables del agua que funcionan bien.

Los casos de la Ciudad de México y São Paulo confirman el diagnóstico complejo para América Latina y la necesidad de que los responsables de la toma de decisiones consideren más seriamente el agua subterránea. Comprender y manejar el agua subterránea como un recurso básico es una premisa fundamental. Los autores del capítulo proponen varias medidas en esta dirección, entre las cuales están las siguientes: recopilar mejores datos sobre la recarga de agua; fomentar programas para proteger los recursos hídricos subterráneos; abordar el problema crítico de los pozos no registrados, e integrar las redes públicas de suministro de agua subterránea con un número significativo de pozos privados. La gestión coordinada del agua superficial y el agua subterránea es un requisito para mejorar la situación del agua subterránea que sufre un gran retraso. El objetivo final debería ser la integración del agua subterránea en la planeación general del agua, para que lleve a una gestión más sostenible y eficiente a largo plazo del agua subterránea en América Latina. Los casos de la Ciudad de México y São Paulo ponen de relieve la necesidad de fortalecer el marco institucional y alinear incentivos adecuados que permitan alcanzar ese objetivo.

Como se subraya en otros capítulos y particularmente en la parte final sobre la infraestructura verde, las aguas superficiales y subterráneas, incluidas las escorrentías y el agua pluvial, deben ser consideradas y aprovechadas de manera coordinada para emular soluciones más naturales en el paisaje urbano.

### ***Parte III: El cambio climático, la gestión de riesgos y la planificación***

La tercera parte de este libro se centra en cómo las ciudades están gestionando los riesgos del agua y las incertidumbres climáticas. Los capítulos revisan proyectos recientes para afrontar las inundaciones y presentan diferentes herramientas para ayudar a los responsables políticos a tomar decisiones mejor sustentadas, presentando los casos de ciudades en México, Colombia, Ecuador y Argentina. Esta parte aborda los importantes vínculos entre los entornos geomorfológicos, las políticas de gestión del suelo y los recursos hídricos, y la calidad del crecimiento y el diseño urbano. El cambio climático acentúa la necesidad de abordar los patrones de urbanización vulnerables en las pendientes de las montañas y las llanuras inundables. Esta parte enfatiza la necesidad de comprender las perspectivas y prioridades de los diferentes usuarios de agua y grupos de población con el fin de garantizar la utilidad y el apoyo social de un desarrollo urbano sensible.

El capítulo 9 (Sisto y Ramírez Orozco) explora cómo se han gestionado las inundaciones repentinas en el área metropolitana de Monterrey (AMM). Dicha área está localizada en una parte semiárida de México que es particularmente propicia a

las avenidas rápidas ya que los huracanes pueden causar precipitaciones fuertes y repentinas en las laderas de las montañas cercanas. Esta metrópolis es la tercera área urbana más poblada de México y un centro industrial de importancia nacional, con una capacidad concomitante de adaptación. Los huracanes no son frecuentes –solo ha habido dos en los últimos cincuenta años–, pero cuando ocurren conllevan daños amplios y severos. Este evento analiza lo ocurrido con el paso de los remanentes del huracán Alex en 2010 y cómo este afectó al AMM, así como la respuesta de las autoridades.

Los autores identifican un patrón de desarrollo urbano que está en contradicción con la realidad hidrológica del AMM como la causa fundamental del desastre. Más concretamente, atribuyen el daño a la falta de capacidad hidráulica de los cauces y quebradas, cuya anchura quedó drásticamente reducida por las carreteras y, hasta cierto punto, por construcciones residenciales en áreas propicias a la inundación y el uso con fines recreativos del cauce. Sin embargo, la reconstrucción ha sido rápida, lo que indica una impresionante capacidad de respuesta que refleja, a su vez, la relativa prosperidad económica del área. No obstante, no ha habido un cambio en el modelo de planeación para integrar el riesgo hidrológico en el diseño urbano. Para afrontar de forma resiliente eventos como el huracán Alex en el futuro, se necesitará un rediseño de la arquitectura institucional.

El capítulo 10 (Costa Posada, Urazán Bonells y Velandia Durán) describe el reciente proyecto de recuperación ambiental y de control de inundaciones del río Bogotá, dirigido a restaurar la calidad del agua y reducir el impacto de las inundaciones. La población creciente y una mayor actividad industrial, especialmente en los tramos medios de la cuenca, ejercen importantes presiones ambientales sobre el río. El río Bogotá fluye a lo largo del perímetro occidental de la próspera capital nacional de Colombia, Bogotá, donde la alta contaminación del río homónimo se ve agravada aún más por la contaminación de varios de sus afluentes. Además, la expansión urbana está comprometiendo la capacidad de la cuenca para hacer frente a la escorrentía, lo que, combinado con la proliferación de asentamientos en las llanuras inundables (sin medidas de mitigación), ha tenido como consecuencia un aumento de la frecuencia, importancia y duración de las inundaciones causadas por el río y sus tributarios.

El Proyecto de Adecuación Hidráulica y Recuperación Ambiental del Río Bogotá, uno en una serie de esfuerzos para responder a la contaminación del río y las inundaciones, se centra principalmente en aumentar la capacidad de las plantas de tratamiento de aguas residuales existentes. También implica la construcción de diques y la rehabilitación de hábitats ribereños, incluyendo la compra de tierras, abordando el problema de las áreas ocupadas ilegalmente y estableciendo zonas multifuncionales de ocio, así como la conexión de los ríos y humedales. El proyecto se diferencia de los anteriores en que el tratamiento de las aguas residuales y el control de las inundaciones han sido diseñados para su integración en el desarrollo urbano, con un impacto directo sobre la calidad de vida de la población.

El capítulo 11 (Vidal, Burgos y Zevallos) analiza la protección y la recuperación ambiental en Quito, la capital de Ecuador, poniendo énfasis en la importancia de la participación comunitaria, la coordinación institucional y el fortalecimiento continuo de la capacidad y el aprendizaje. El flanco oriental del macizo volcánico del Pichincha-Atacazo en Quito presenta un caso típico en el que el riesgo de desastre ha aumentado debido a la invasión de asentamientos en zonas montañosas inestables por naturaleza. En este escenario, la frecuencia de las inundaciones y los deslizamientos de tierra aumenta más debido al colmatado de quebradas para expandir el área disponible para construir, con obras que reducen su capacidad para conducir agua. La situación es exacerbada por la disposición de aguas residuales y el vertido de residuos sólidos en los barrancos.

Desde mediados de la década de 1990, se han tomado medidas para proteger y restaurar el ambiente de las laderas. Préstamos del Banco Interamericano de Desarrollo han permitido la construcción de obras de ingeniería para mitigar los efectos de las inundaciones y los deslizamientos de tierra y crear la Comisión de Laderas con el fin de fortalecer la gestión municipal con relación a la planeación, el uso del suelo, el desarrollo comunitario, la reubicación de las familias de zonas de alto riesgo y la recuperación y reforestación de las quebradas para su incorporación en las áreas verdes urbanas. La agencia que lidera muchas de estas actividades, la Empresa Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento, ha dedicado también esfuerzos a institucionalizar las actividades para que tengan un carácter permanente con el objetivo de garantizar la sostenibilidad del proyecto en su conjunto.

El capítulo 12 (Miralles-Wilhelm, Brantly, Borsellino, Castellano, Dykes, Moreda, Muñoz Castillo, Rineer, Wheaton y Wyatt) da a conocer al lector la aplicación del modelo Hydro-BID, en la cuenca del río Grande en la provincia de Jujuy, tributario de la cuenca del río Bermejo, en el noroeste de Argentina. El río Grande es la única fuente de agua potable de la capital provincial, San Salvador de Jujuy. Debido a las altas cargas de sedimentos en el río, la presa existente no tiene ya capacidad de almacenamiento y el suministro de agua a la ciudad se hace con la corriente de paso y, por tanto, está expuesta a variaciones de caudal temporales. La escasez y las interrupciones del suministro son comunes durante la temporada seca, cuando el caudal del río es muy bajo.

El objetivo del estudio de caso de Hydro-BID era evaluar la vulnerabilidad y suficiencia del abastecimiento de agua para la zona urbana de San Salvador de Jujuy, considerando también el suministro para regadío y otros usos, y teniendo en cuenta el cambio climático. La aplicación del modelo de Hydro-BID subrayó la necesidad de datos y de monitorear la demanda de agua, el clima, el caudal y otros parámetros de entrada. Los datos disponibles y los modelos climáticos indican que habrá un incremento modesto y constante de la temperatura promedio en el área de estudio. Si bien se prevé que la variación interanual se mantenga bastante alta, el impacto directo del cambio climático en el caudal del río parece ser pequeño. Mejorar la eficiencia de los sistemas de agua urbana solo aliviará parcialmente la demanda de agua insatisfecha de los usuarios urbanos e industriales. Satisfacer completamente la demanda de agua insatisfecha en San Salvador de Jujuy requerirá inversiones adicionales para su almacenamiento y para nuevas fuentes de agua.

#### **Parte IV: El desarrollo de la infraestructura verde**

La cuarta parte examina la evolución en materia de crecimiento verde e infraestructura verde en las ciudades latinoamericanas. También repasa las iniciativas y programas de infraestructura entorno al crecimiento verde en ciudades seleccionadas de los Estados Unidos y las lecciones que se pueden sacar de esta experiencia para América Latina. Juntos, los tres capítulos proporcionan una visión integral de los problemas del agua urbana y el papel que el crecimiento verde y la infraestructura verde pueden y deben desempeñar en el desarrollo del agua urbana. Estos capítulos muestran que hay oportunidades para avanzar los conceptos de crecimiento verde en las ciudades de América Latina en las próximas décadas. Aprovechar esas oportunidades permitirá a América Latina lograr los objetivos de infraestructura de agua urbana de una manera nueva y adaptativa, a tono con las ideas y los planteamientos actuales sobre los impactos económicos, sociales y ambientales de la infraestructura de agua.

El capítulo 13 (Browder) proporciona un resumen del crecimiento verde desde la perspectiva de las instituciones financieras internacionales, con un foco en el agua en



las áreas urbanas de América Latina. Este capítulo presenta los objetivos del sector del agua urbana en el contexto de los conceptos de crecimiento verde. Revisando los logros –y lo que todavía queda por hacer– de los Objetivos de Desarrollo del Milenio en materia de agua, en particular los éxitos y fracasos de esos objetivos en las zonas urbanas latinoamericanas, el autor afirma que el importante desarrollo de infraestructura de agua que todavía se necesita en la región puede beneficiarse ampliamente del enfoque de crecimiento verde. El capítulo presenta resúmenes de los logros y desafíos chilenos, argentinos y brasileños en gestión del agua y su autor subraya la necesidad de apoyarse en enfoques de crecimiento verde en el futuro.

El capítulo 14 (Veiga, Calvache, Benítez, León y Ramos) resume la evolución más reciente de los fondos de agua en América Latina, un instrumento cada vez más importante para alcanzar los objetivos de seguridad del agua en las ciudades de la región mediante el fortalecimiento del papel de la infraestructura natural en el marco de un crecimiento verde e inclusivo. Desde su primera aparición en Quito, Ecuador, a principios de la década de 2000, han surgido iniciativas de fondos de agua en toda Latinoamérica. Los fondos de agua son acuerdos coordinados entre múltiples actores para establecer mecanismos de pago para el propósito de invertir en infraestructura verde enfocada al suministro de agua. Los fondos de agua financian programas como la conservación de cuencas, la recuperación de ecosistemas de agua dulce y el apoyo a actividades comerciales sostenibles dentro del área geográfica en el que opera cada fondo.

El capítulo 14 presenta primero los objetivos subyacentes de los fondos de agua: la provisión de agua, la mayoría de las veces a áreas urbanas de América Latina, y la preservación de los recursos hídricos que se requieren para ello. El capítulo explica después la base conceptual de los fondos de agua –cómo funcionan– antes de describir el estado actual de su implementación en América Latina. Se utilizan estudios de caso, como Bogotá, para presentar aspectos clave del uso de los fondos de agua y como lentes a través de los cuales se exponen las lecciones y desafíos asociados con el diseño y la implementación de los fondos de agua. El capítulo concluye afirmando que el enfoque de crecimiento verde de los fondos de agua puede tener un papel de peso en los futuros sistemas de agua urbana de América Latina.

El capítulo 15 (Kaledin) plantea las lecciones aprendidas de algunos ejemplos de enfoque de infraestructura verde en varias ciudades estadounidenses y enuncia principios derivados de esa experiencia que se pueden compartir con las áreas urbanas de América Latina, a medida que sus trabajos de infraestructura verde de agua se consolidan en los próximos años. Se presentan los esfuerzos de la ciudad de Nueva York, Boston y Seattle para proteger grandes extensiones de tierra en las cuencas en torno a sus sistemas de suministro de agua. Estos esfuerzos han tenido éxito y permitido a dos de estas ciudades (Boston y Nueva York) evitar la construcción de instalaciones de tratamiento de agua convencionales caras, al tiempo que han preservado la calidad del agua de sus recursos hídricos y protegido cantidades importantes de tierras de la cuenca de un desarrollo urbano inadecuado. En esencia, varias ciudades de los Estados Unidos ya han avanzado en el concepto de fondos de agua que ha cuajado en América Latina en la última década y pueden ser utilizadas como ejemplo del desarrollo de un abastecimiento de agua en el marco del crecimiento verde que debe ser aprovechado totalmente en el futuro.

Más recientemente, las ciudades de Milwaukee y Filadelfia han concebido y ahora están implementando un conjunto de programas de infraestructura verde con el fin de resolver los problemas de las aguas pluviales urbanas y otros problemas relacionados con la calidad. El capítulo 15 plantea algunos aspectos teóricos y prácticos de estos nuevos programas, incluyendo cómo financiarlos. Los programas

tienen una antigüedad de unos diez años, de manera que la experiencia con ellos es similar en duración a la de los fondos de agua latinoamericanos. Sin embargo, de las experiencias de Milwaukee y Filadelfia con el establecimiento y puesta en marcha de programas de infraestructura verde para el agua pluvial se puede extraer ya un importante conocimiento que compartir con otras ciudades, una información con la que concluye este capítulo.

## **Mensajes clave**

Elaborar políticas públicas consiste en el proceso formal e informal y las interacciones entre una amplia variedad de actores con intereses múltiples y frecuentemente en conflicto. Estos procesos e interacciones son específicos a cada contexto y cambian en función de las circunstancias, como también cambian la naturaleza y los resultados de las políticas. Este libro, *Agua y Ciudades en América Latina*, presenta una variedad de ejemplos relacionados con estas cuestiones.

Los hacedores de políticas necesitan entender plenamente el ciclo completo del agua y la infraestructura para satisfacer las demandas y necesidades de la población urbana y las actividades económicas, al tiempo que gestionan los recursos hídricos frente a eventos extremos. Las ciudades de América Latina están a punto de ofrecer un acceso total a servicios de agua y saneamiento, afrontando a la vez el cambio climático y las crecientes limitaciones de recursos.

Los objetivos de abastecimiento de agua y saneamiento para los próximos años son ambiciosos y no se lograrán sin superar algunos desafíos importantes en términos de complejidad técnica, financiamiento e implicaciones sociales, ambientales y políticas: esta es una lección importante del capítulo sobre São Paulo que se aplica también a otras ciudades de América Latina. Asegurar el financiamiento adecuado a los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento es un asunto mayor de política pública. Se necesitarán reformas significativas para cerrar la brecha que existe para el acceso universal a los servicios de agua, pero es un objetivo alcanzable.

La urbanización es un proceso de concentración de población y actividades económicas en un espacio dado. El crecimiento urbano conlleva inherentemente una mayor demanda de agua urbana, lo que requiere una integración más eficaz entre la planificación urbana y la gestión del agua. Sin embargo, los marcos institucionales son todavía ampliamente insuficientes porque, en la mayoría de las ciudades de la región, la gestión del agua urbana está en sí misma fragmentada, con intereses en conflicto y a menudo con un traslape de las responsabilidades institucionales. La regulación tiene una importancia crítica para el monitoreo y el cumplimiento de los planes y las prioridades acordados.

Una preocupación fundamental será encontrar la manera de involucrar a conjuntos de actores heterogéneos para decidir los caminos a fin de superar los desafíos del agua y del saneamiento y adaptarse al cambio climático y a una mayor variabilidad del clima. Este libro apela no solo a favor de mejores datos, sino también de una mayor integración en el análisis de las cuestiones económicas, sociales y ambientales, así como la participación de un conjunto más amplio de autoridades y partes interesadas de la sociedad en la búsqueda del camino a seguir.

Finalmente, el enfoque de crecimiento verde puede desempeñar un papel de peso en el futuro en los sistemas urbanos de agua de América Latina. Invertir en el ambiente puede equivaler también a un buen negocio para la economía y beneficiar a la sociedad en su conjunto. Las experiencias de los Estados Unidos y América Latina sugieren que es posible evitar la construcción de instalaciones de tratamiento de agua

convencionales que son caras, preservando a la vez la calidad de los recursos hídricos y protegiendo extensiones sustanciales de tierras en las cuencas de un desarrollo urbano inapropiado. Los enfoques de crecimiento verde tienen mucho que ofrecer a las ciudades latinoamericanas que buscan proporcionar servicios de calidad a toda su población, a la vez que abordan las incertidumbres futuras y gestionan la totalidad de los recursos hídricos de una manera sensata y holística.

# Parte I

Agua, ciudades y  
financiamiento



# 1 Agua, ciudades y desarrollo sostenible

## El contexto

*Ismael Aguilar-Barajas*

### Introducción

En 2011, la Semana Mundial del Agua tuvo como tema central “El agua en un mundo urbanizado”. Organizada por el Instituto Internacional del Agua de Estocolmo, la celebración de la Semana reunió a funcionarios públicos, académicos y profesionales del sector de todo el mundo para analizar el estado del pensamiento global sobre los nexos entre el agua y las ciudades. El papel de las ciudades en el desarrollo se está convirtiendo en un tema de política pública importante para los gobiernos, las instituciones internacionales, el sector privado y los grupos de reflexión. Por ejemplo, *Foreign Policy* dedicó en 2012 un número especial a las metrópolis. Revistas populares, como *National Geographic*, también han dedicado una amplia cobertura al tema del agua y las ciudades. En los cuatro últimos años, las referencias a la ‘crisis del agua’ y al ‘siglo urbano’ se han convertido en algo habitual.<sup>1</sup>

Este capítulo aporta un análisis estructurado del reconocimiento emergente de los vínculos entre el agua, las ciudades y el desarrollo sostenible. El capítulo presenta hechos clave sobre las tendencias mundiales de urbanización y geografía económica, así como sobre el desarrollo y el financiamiento de infraestructura. Sostiene que el camino hacia un desarrollo sostenible implica abordar la pobreza y la distribución del ingreso y, al mismo tiempo, tomar en consideración las incertidumbres climáticas y la gestión del riesgo. Por último, se presentan algunos desafíos y recomendaciones sobre políticas públicas y un llamamiento general para una gestión integrada del agua urbana más eficaz, lo que incluye la necesidad de realizar más trabajo empírico y de disponer de mejor información estadística.

### Reconociendo la importancia de los nexos entre el agua y las ciudades

El anuncio de que la población mundial había alcanzado los 7.000 millones de personas en 2011 puso de relieve la preocupación respecto a los desafíos económicos y sociales altamente complejos que están por venir. El informe sobre *Perspectivas Ambientales para 2050* de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) considera al agua como una de las cuatro áreas principales de preocupación (Gurría,

2012). Las otras tres –todas ellas vinculadas al agua– son el cambio climático, la biodiversidad y los impactos de la contaminación ambiental en la salud.

En las conclusiones de la Semana Mundial del Agua en 2011, se reconocía que la magnitud de la urbanización plantea enormes oportunidades y desafíos en el camino hacia un futuro próspero y sostenible (SIWI, 2011). Por ello, se recomendaba a la comunidad mundial interesada en el tema del agua focalizar su trabajo de planificación y sus proyectos en cuatro pilares (SIWI, 2011, pp. 4-6).

- Vincular el agua con la planificación y el diseño urbano.
- Integrar e invertir en los asentamientos informales.
- Ampliar y financiar servicios de agua y saneamiento sostenibles.
- Crear sinergias entre los sectores del agua, la energía y la alimentación.

El agua está cobrando mayor relevancia a medida que aumentan los riesgos asociados a su gestión. El informe *Global Risks 2014*, publicado por el Foro Económico Mundial, advierte de riesgos que tienen una gran importancia para la gestión urbana y del agua (WEF, 2014). El cuadro 1.1 presenta los diez riesgos globales de mayor preocupación y, en él, se puede ver que la crisis del agua se sitúa en el tercer lugar.<sup>2</sup> Esta preocupación refleja una conciencia creciente respecto a la necesidad de gestionar ‘una competencia cada vez mayor por recursos hídricos que ya son escasos para sostener la actividad económica y el crecimiento de población’ (WEF, 2014, p. 14). Este riesgo está acompañado de otros dos riesgos interrelacionados: la falla de mitigación y adaptación al cambio climático (quinto en la lista) y una mayor incidencia de los eventos climáticos extremos, como las inundaciones y las sequías (sexto en la lista). El informe subraya las dificultades adicionales que el cambio climático ocasionará a los países, especialmente a los menos desarrollados, incapaces siquiera de gestionar de manera eficaz la variabilidad del clima actual. Sequías e inundaciones más graves podrían empeorar las condiciones de aquellos países menos capaces de adaptarse al cambio climático, haciéndolos más vulnerables a las crisis.

## Cuadro 1.1

### Los diez riesgos globales de mayor preocupación en 2014, según el Foro Económico Mundial

No	Riesgo Global
1	Crisis fiscales en economías clave
2	Desempleo estructural o subempleo alto
3	Crisis por falta de agua
4	Disparidad de ingresos extrema
5	Falta de mitigación y adaptación al cambio climático
6	Mayor incidencia de los eventos meteorológicos extremos
7	Fracaso en la gobernanza mundial
8	Crisis alimentarias
9	Falla de un mecanismo o institución financiera importante
10	Inestabilidad política y social profunda

Nota: De una lista de 31 riesgos, se pidió a los encuestados que identificaran los cinco que más les preocupaban. Los riesgos que aparecen en gris (destacados por el autor) se refieren a riesgos relacionados directamente con el agua.

Fuente: WEF (2014, cuadro 1, p. 9, basado en la Encuesta sobre Percepción de Riesgos Globales 2013-2014)

Cabe destacar que tres de los diez riesgos que generan mayor preocupación están relacionados con el agua. La mayoría de los otros riesgos que aparecen entre los diez principales tienen lazos con la política del agua y la gestión urbana; por ejemplo, las crisis fiscales (que reducen la inversión en infraestructura), la extrema disparidad de ingresos (que tiene vínculos con las políticas económicas y sociales y reviste una importancia especial en América Latina) y las crisis alimentarias (en las que influyen numerosos factores, entre ellos la crisis del agua). Como indica el informe *Global Risks 2014*: 'Es importante considerar las implicaciones combinadas de estos riesgos ambientales para cuestiones clave del desarrollo y la seguridad, tales como la seguridad alimentaria y la inestabilidad política y social, que se sitúan respectivamente en el octavo y noveno lugar' (p. 14). También se considera como un requisito clave disponer de una mejor información pública dadas las cuestiones cruciales que están en juego. El informe pone de relieve las consecuencias para un mundo que se urbaniza a gran velocidad y los peligros de una urbanización mal gestionada. Se estima que en 2050 la población urbana será el doble que en la actualidad; es decir, que alcanzará aproximadamente 6.400 millones de personas. Como afirma el Foro Económico Mundial (WEF, 2014, p. 22):

Si bien la urbanización proporciona beneficios económicos y sociales importantes, también incrementa sustancialmente los riesgos relacionados con los trastornos ecológicos, la contaminación, el cambio climático y los desastres ambientales...Las inundaciones urbanas se han convertido ya en la principal forma de desastre en el mundo.

En su comentario sobre los 30 años del *Informe sobre el Desarrollo Mundial*, Stiglitz (2009) apunta a la urbanización como uno de los cinco temas de desarrollo más importantes.<sup>3</sup> Al finalizar el siglo XX, el *Informe sobre el Desarrollo Mundial* 1999-2000 se centró en la urbanización como una de las megatendencias que requerían atención (Stiglitz, 2009). En la misma línea, la Comisión para el Crecimiento y el Desarrollo presentó el libro *Urbanización y Crecimiento*, argumentando que la urbanización es central para el crecimiento y el desarrollo (Spence, 2009).

La sostenibilidad ambiental y social está en el corazón del nexo entre el agua y las ciudades. El Foro Económico Mundial y su *Global Competitiveness Report* (Reporte de Competitividad Global) ilustran bien la relevancia de esta interrelación: el mensaje central es que la sostenibilidad –a través de su dimensión ambiental, económica y social– es un componente primordial en la evaluación de la competitividad de las naciones (Bilbao Osorio et al., 2003).<sup>4</sup> La sostenibilidad social está relacionada con la inclusión, la equidad, la cohesión y la resiliencia de los sistemas sociales. Los sistemas sociales inestables pueden llevar a inestabilidad sociopolítica, lo que en última instancia perjudica al proceso de crecimiento. Un acceso adecuado a agua potable y saneamiento y una distribución de ingresos menos desigual pueden tener efectos positivos sobre el bienestar económico de una nación. El deterioro ambiental puede influir negativamente en la salud humana; el agua potable poco segura puede impulsar este deterioro. La urbanización sin planificación puede agravar todos esos efectos adversos.

En su informe sobre la sostenibilidad del desarrollo en América Latina, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe de las Naciones Unidas (CEPAL) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (CEPAL-PNUMA, 2002) consideran que la gestión del agua y la gestión urbana son dos de los cinco mayores desafíos para el desarrollo sostenible en la región. El informe menciona también otras tres áreas que tienen relación directa con el agua urbana en América Latina: la protección y uso sostenible de los ecosistemas naturales, la biodiversidad y el

acceso a recursos genéticos; la vulnerabilidad; y la gestión energética. Algunos de estos mismos asuntos preocupantes –el desarrollo sostenible relacionado con el agua, la energía, la salud, la agricultura y la biodiversidad– fueron abordados en la Cumbre Ambiental de Johannesburgo el mismo año en que fue publicado el informe (Bhargava, 2006).

## **Tendencias de urbanización y servicios de agua**

Puesto que el crecimiento económico y la urbanización son inseparables, el mundo está más urbanizado y esto se puede ver en las últimas tendencias de urbanización mundial presentadas en el recuadro 1.1 (Naciones Unidas, 2014, pp. 4-5).<sup>5</sup> Entre las conclusiones importantes que se desprenden de dicho recuadro está la necesidad de comprender mejor las tendencias de urbanización para contribuir a un diseño de políticas públicas más coherente.

El cuadro 1.2 presenta los datos de población urbana y rural para 1990, 2014 y 2050 en las principales regiones del mundo. Aunque el ritmo de urbanización no ha sido uniforme, más de la mitad de la población mundial estaba considerada como urbana en 2014. En América del Norte, la cifra es del 81 por ciento y en América Latina y el Caribe (ALC) es del 80 por ciento. Sin duda, ALC es una de las regiones más urbanizadas del mundo en desarrollo. En 2050, esta proporción de habitantes viviendo en ciudades habrá aumentado al 86 por ciento (frente al 87 por ciento de América del Norte). En términos absolutos, esto significa un incremento del número de habitantes urbanos en América Latina desde los 496 millones que había en 2014 a 674 millones en 2050.

El análisis de las tendencias de urbanización en América Latina muestra varios retos interrelacionados respecto al nexo entre el agua y las ciudades. La región tiene una alta concentración poblacional y económica en las áreas urbanas.<sup>6</sup> Sin embargo, la urbanización no ha seguido un modelo uniforme en la región; este modelo ha variado entre países y en el interior de cada uno de ellos. La mitad de la población urbana (aproximadamente 222 millones de personas) vive en ciudades de menos de 500.000 habitantes y el 14 por ciento (65 millones de personas) en megaciudades. Las ciudades de tamaño medio están creciendo a mayor velocidad que las otras ciudades. La migración de zonas rurales hacia zonas urbanas ha perdido relevancia en la mayoría de los países de la región, pero los flujos migratorios son ahora más complejos.

Aunque las megaciudades parecen perder dinamismo, su estudio es de gran importancia para el desarrollo en general y para la gestión del agua en particular. Las megaciudades son centros urbanos con más de 10 millones de personas. En 2010, las megaciudades tenían el 5,1 por ciento de la población mundial, aunque la mayoría había registrado un crecimiento de población lento durante la década de 1990 y en la primera década del siglo XXI. Las ciudades de tamaño medio están creciendo más rápido que las grandes ciudades y están atrayendo cantidades significativas de inversión. La mayoría de las megaciudades están perdiendo su dinamismo en términos de población y actividad económica. En todas las regiones del mundo, la mayoría de la población urbana vive en áreas urbanas con menos de un millón de habitantes. No obstante, en términos absolutos, megaciudades como la Ciudad de México y São Paulo, por ejemplo, necesitan una gestión adecuada para afrontar sus problemas urbanos (Satterwhaite, 2014a), y el agua es un buen ejemplo.



**Recuadro 1.1****Tendencias mundiales de urbanización en 2014: datos clave**

- En 2014 aproximadamente el 54 por ciento de la población mundial residía en áreas urbanas. En 1950 la cifra era del 30 por ciento. La cifra prevista para 2050 es del 66 por ciento.
- Las regiones más urbanizadas son las siguientes: América del Norte (82 por ciento), América Latina y el Caribe (80 por ciento) y Europa (73 por ciento). Más de la mitad de la población de África y Asia todavía es rural, pero estas regiones se están urbanizando más rápidamente que las anteriores; en 2050 el 56 por ciento y el 64 por ciento de sus poblaciones, respectivamente, residirán en áreas urbanas.
- Asia concentra el 53 por ciento de la población urbana mundial; le sigue Europa, con el 14 por ciento, y América Latina, con el 13 por ciento.
- Desde 1950 la urbanización ha aumentado con rapidez en términos de población, desde los 746 millones a los 3.900 millones de personas en 2014. De los 2.500 millones de personas que previsiblemente se sumarán a la población urbana mundial para 2050, casi el 90 por ciento estará en Asia y África.
- Cerca de la mitad de la población urbana mundial reside en ciudades de menos de 500.000 habitantes. En contraste, una de cada ocho personas vive en las 28 megaciudades con más de 10 millones de habitantes.
- Tokio es la mayor aglomeración urbana del mundo, con una población de 38 millones de personas. Después de Tokio, se sitúan Delhi, con 25 millones de habitantes, Shanghái con 23 millones; y Ciudad de México, Bombay y São Paulo, cada una con una población estimada en 21 millones de personas. Se prevé que en 2030 el mundo tendrá 41 megaciudades. Tokio seguirá siendo la mayor aglomeración del mundo, con 37 millones de habitantes, seguida de Delhi con 36 millones. Actualmente, las grandes ciudades se concentran en países del Sur en desarrollo. 'Las ciudades que crecen más rápido son aglomeraciones urbanas de tamaño medio y con menos de un millón de habitantes localizadas en Asia y África'.
- Algunas ciudades han experimentado un descenso de población en los últimos años. La contracción económica y los desastres naturales han contribuido también a la disminución de población.
- A medida que avanza el proceso de urbanización en el mundo, los desafíos del desarrollo sostenible estarán cada vez más concentrados en las ciudades, especialmente en los países de renta media y baja donde el ritmo de urbanización es más rápido. Se necesitan políticas integradas para mejorar las vidas tanto de los habitantes urbanos como de los del campo.

Fuente: basado principalmente en Naciones Unidas (2014, p. 1)

**Cuadro 1.2**  
**Datos de población rural y urbana histórica (1990), reciente (2014) y prevista (2050) en las grandes regiones del mundo**  
**(en miles de personas)**

Región	Urbana 1990	Urbana 2014	Urbana 2050	Rural 1990	Rural 2014	Rural 2050	Proporción urbana (%) 1990	Proporción urbana (%) 2014	Proporción urbana (%) 2050	Tasa promedio de cambio anual (%) 2010-2015
MUNDO	2.285.031	3.880.128	6.338.611	3.035.786	363.656	3.212.233	43	54	66	0,9
África	196.923	455.345	1.338.566	433.064	682.885	1.054.609	31	40	56	1,1
Asia	1.036.247	2.064.211	3.313.424	2.176.877	2.278.044	1.850.638	32	48	64	1,5
Europa	505.991	545.382	581.113	217.257	197.431	127.954	70	73	82	0,3
América Latina y el Caribe	313.876	495.857	673.631	131.327	127.565	107.935	71	80	86	0,3
América del Norte	212.935	291.860	390.070	69.351	66.376	56.130	75	81	87	0,2
Oceanía	19.059	27.473	41.807	7.911	11.356	15.067	71	71	74	0,0

Fuente: Adaptado de Naciones Unidas (2014, cuadro I, pp. 20-25)

Un informe reciente de las Naciones Unidas confirma las tendencias mencionadas (cuadro 1.3). En 2014, solo ocho de las 30 mayores ciudades del mundo estaban localizadas en países de ingresos altos, y para 2030 esa cifra se limitará a cuatro ciudades: Tokio y Osaka en Japón, y Nueva York y Los Ángeles en los Estados Unidos. Entre las diez mayores ciudades, solo estará Tokio, con una población estimada de 37,2 millones de personas (inferior a los 37,8 millones actuales, pero aún así será la ciudad más grande del mundo). Esto contrasta con su clasificación en 1950 (22), el primer año para el que las Naciones Unidas dispone de datos. Cinco de las mayores ciudades del mundo se encuentran actualmente en América Latina: Ciudad de México, São Paulo, Buenos Aires, Río de Janeiro y Lima.

Dada la alta concentración de población y de actividad económica en las áreas urbanas, la sostenibilidad urbana es de importancia primordial para el desarrollo económico de la región (BID, 2011). El informe 2012 de ONU-Hábitat sobre el estado de las ciudades en América Latina y el Caribe, estima que dos tercios del PIB regional es generado en las áreas urbanas. Es más, el informe calcula que las 40 ciudades más grandes producen el 30 por ciento del PIB total y que la mitad de esta producción se debe a la actividad en solo cuatro metrópolis: São Paulo, Ciudad de México, Buenos Aires y Río de Janeiro. Estos datos económicos, así como los impactos de la urbanización en el medio ambiente, la alta vulnerabilidad de las ciudades de América Latina al cambio climático y a los desastres naturales, y las limitaciones financieras para abordar estos temas, hacen necesario reflexionar sobre la sostenibilidad de las ciudades de la región.

La urbanización en los países en desarrollo ha aumentado con rapidez, pero, contrariamente a los países desarrollados, la correlación entre la tasa de urbanización y el crecimiento económico y el desarrollo ha sido menos evidente. No obstante, hay consenso sobre la contribución y el papel potencial que desempeñan las ciudades en el crecimiento económico y el desarrollo (Clarke Annez y Buckley, 2009; Todaro y Smith, 2012; Naciones Unidas, 2013). La urbanización tiene costos y beneficios.<sup>7</sup> Se pueden sacar ventajas de la concentración de población y actividad económica en las ciudades. En las áreas urbanas es más fácil encontrar infraestructura, servicios básicos –como el de agua y saneamiento– y oportunidades económicas. Las ciudades tienden también a concentrar las funciones gubernamentales, disponen de servicios educativos y de salud de alto nivel, y capacidades de innovación. En resumen, estas ventajas, que se conocen como economías de aglomeración, reflejan, en última instancia, estándares de vida y bienestar más altos.

Pero las áreas urbanas, especialmente las áreas urbanas de países en desarrollo que no han sido planificadas o están mal gestionadas, también conllevan costos. Millones de personas viven en ciudades en condiciones inadecuadas. La expansión urbana descontrolada incrementa considerablemente la presión sobre los recursos naturales –como el agua– y la energía. En la mayoría de los países de ingresos bajos o medianos, incluidos los de América Latina, el vertiginoso proceso de urbanización no ha estado acompañado de la necesaria expansión de los servicios y las infraestructuras esenciales para un medio ambiente urbano sano (Satterwhaite, 2014b). La provisión de agua, saneamiento, drenaje y recolección de residuos son algunos ejemplos. Los servicios de agua y saneamiento tienden a tener una calidad mucho más baja en las áreas más pobres. La calidad del ambiente urbano tiene profundas implicaciones para el desarrollo. La degradación ambiental y su impacto negativo para la salud de las poblaciones urbanas es una realidad palpable de este modelo de urbanización rápida. Aunque, en general, las ciudades podrían ser más eficientes, esto no significa que financiar las necesidades de infraestructura esté exento de dificultades.

**Cuadro 1.3****Población de las 30 mayores aglomeraciones urbanas del mundo, 1990-2030 (millones de habitantes, clasificadas por el tamaño de población en 2014)**

Aglomeración urbana	País	1990	2014	2030	Tasa de cambio promedio anual (%) 2010-2015
1. Tokio	Japón	32,5	37,8	37,2	0,6
2. Delhi	India	9,7	25,0	36,1	3,2
3. Shanghái	China	7,8	23,0	30,8	3,4
<b>4. Ciudad de México</b>	<b>México</b>	<b>15,6</b>	<b>20,8</b>	<b>23,9</b>	<b>0,8</b>
<b>5. São Paulo</b>	<b>Brasil</b>	<b>14,8</b>	<b>20,8</b>	<b>23,4</b>	<b>1,4</b>
6. Bombay	India	12,4	20,7	27,8	1,6
7. Kinki (Osaka)	Japón	18,4	20,1	20,0	0,8
8. Beijing	China	6,8	19,5	27,7	4,6
9. Nueva York-Newark	Estados Unidos	16,1	18,6	19,9	0,2
10. Al-Qahirah (Cairo)	Egipto	9,9	18,4	24,5	2,1
11. Dacca	Bangladesh	6,6	17,0	27,4	3,6
12. Karachi	Pakistán	7,1	16,1	24,5	3,3
<b>13. Buenos Aires</b>	<b>Argentina</b>	<b>10,5</b>	<b>15,0</b>	<b>17,0</b>	<b>1,3</b>
14. Calcuta	India	10,9	14,8	19,1	0,8
15. Estambul	Turquía	6,6	14,0	16,7	2,2
16. Chongqing	China	4,0	12,9	17,4	3,4
<b>17. Río de Janeiro</b>	<b>Brasil</b>	<b>9,7</b>	<b>12,8</b>	<b>14,2</b>	<b>0,8</b>
18. Manila	Filipinas	8,0	12,8	16,8	1,7
19. Lagos	Nigeria	4,8	12,6	16,7	3,9
20. Los Ángeles-Long Beach-Santa Ana	Estados Unidos	10,9	12,3	13,3	0,2
21. Moscú*	Rusia	9,0	12,1	12,2	1,2
22. Guangzhou, Guangdong	China	3,1	11,8	17,6	5,2
23. Kinshasa	República Democrática de Congo	3,7	11,1	20,0	4,2
24. Tianjin	China	4,6	10,9	14,7	3,4
25. París*	Francia	9,3	10,8	11,8	0,7
26. Shenzhen	China	0,9	10,7	12,7	1,0
27. London*	Reino Unido	8,1	10,2	11,5	1,2
28. Yakarta	Indonesia	8,2	10,2	13,8	1,4
29. Seúl*	República de Corea (Corea del Sur)	10,5	9,8	10,0	0,0
<b>30. Lima</b>	<b>Perú</b>	<b>5,8</b>	<b>9,7</b>	<b>12,2</b>	<b>2,0</b>

Nota: Las aglomeraciones en negrita están en América Latina. \* Estas ciudades dejan de aparecer en la clasificación prevista para 2030.

Las reemplazan Bangalore (14,8 millones), Chennai (13,9), Lahore (13,0) y Hyderabad (12,8). Fuente: Adaptado de Naciones Unidas (2014, tabla II, pp. 26-27)

Los nexos entre el agua y las ciudades pueden entenderse mejor dentro de una perspectiva espacial sistémica. La geografía es percibida como un factor importante del desarrollo (Galor, 2011; Sachs, 2012). Un reconocimiento sustancial del papel que tiene la geografía en el desarrollo se debió al hecho de que el *Informe sobre el Desarrollo Mundial 2009* estuvo dedicado al tema de la “Reconfiguración de la geografía económica” (Banco Mundial, 2009). Más concretamente, el suministro de agua a las ciudades se enmarca y está estrechamente vinculado con un entorno geográfico/espacial. La urbanización es la expresión de la localización de la población y las actividades económicas en un espacio dado. Esta localización tiene implicaciones profundas para la demanda y el abastecimiento de servicios de agua y saneamiento. Un tema importante relacionado con lo anterior es la consideración de la demanda y el suministro de agua en el contexto del ciclo del agua y la variabilidad climática. Con frecuencia, los modelos de urbanización están en conflicto con sus entornos y, en gran medida, los problemas derivados de las presiones sobre los recursos hídricos son un reflejo directo de la localización geográfica de las ciudades y los propios patrones de urbanización.

El financiamiento de infraestructura de agua en América Latina representa un importante desafío (CAF, 2013).<sup>8</sup> Los avances logrados para cubrir las importantes inversiones en infraestructura que se necesitan han sido modestos. Se estima que, en 2010, la inversión en infraestructura en general fue de aproximadamente el 3 por ciento del PIB de la región. Los datos para 2011 y 2012 muestran pocos cambios en esa cifra. En comparación, las inversiones en China y la India, como proporción de su PIB, son mucho mayores. Las inversiones en infraestructura de agua son más bajas. Se estima que en el periodo de 2008 a 2011 las inversiones en agua potable y saneamiento fueron en promedio 0,2 por ciento del PIB. Esta cifra es extremadamente pequeña si se compara con las inversiones en infraestructura para el sector del transporte (de 1,2 a 1,4 por ciento del PIB). Casi todas las inversiones en el sector del agua son inversiones públicas. En contraste, en el sector de telecomunicaciones, la mayoría de las inversiones son privadas. En el caso de los servicios de agua, aunque la privatización ha ganado cierto grado de aceptación, los intentos para atraer este tipo de inversión han tenido un éxito limitado (Wade, 2012; ONU-Hábitat, 2012). Se puede cerrar la brecha de inversión para lograr la cobertura universal de servicios de agua y saneamiento, pero, además de una mayor inversión, se precisa una mejor planificación (ONU-Hábitat, 2012; CAF, 2013).

Resulta apropiado terminar esta sección sobre el financiamiento de infraestructura con las conclusiones de Bird (2011, p. 122) sobre el contexto de las finanzas locales municipales e intergubernamentales en América Latina:

El financiamiento de infraestructura es un problema serio cuando los recursos disponibles para el gasto de capital local son escasos. No obstante, las soluciones existen...Poco se podrá hacer a menos que los países incorporen en sus sistemas de gobierno local instituciones que motiven el ejercicio de la previsión, la imaginación, el esfuerzo y la prudencia, que son los ingredientes de un buen gobierno en cualquier parte.

## **El agua y las ciudades en una visión integral del desarrollo**

El estudio del agua y las ciudades y de sus desafíos para el desarrollo sostenible requiere ser abordado de manera integral. Desde hace tiempo se reconoce que el desarrollo no se limita al crecimiento económico y que se necesitan objetivos más amplios, centrados en el bienestar y la calidad de vida (Knight, 1991; Dasgupta, 1993;

Meier, 1998; Giraud, 2002). El crecimiento responsable (Hamilton, 2004), el desarrollo inclusivo (Banco Mundial, 2008), el crecimiento inclusivo (De Mello y Dutz, 2012), el crecimiento ecológico y el crecimiento ecológico inclusivo (OCDE, 2012a; b), y el crecimiento ecológico urbano (OCDE, 2013) son conceptos que muestran que el crecimiento económico no puede y no debería ser el único indicador o consideración del desarrollo. Un informe relativamente reciente de ONU-Hábitat respalda el llamamiento a favor de adoptar un marco más general para entender el desarrollo (ONU-Hábitat 2013, p. 34):

Es necesario que el centro de atención mundial cambie a favor de una noción del desarrollo más robusta –una noción que mire más allá del estrecho ámbito del crecimiento económico que ha dominado las desbalanceadas agendas de política pública de las últimas décadas.

Además del crecimiento económico, se deben incluir consideraciones sociales y ambientales en los objetivos de desarrollo, ya que son también aspectos del análisis del agua y las ciudades en relación con el desarrollo. El crecimiento urbano verde busca fomentar el crecimiento económico y el desarrollo mediante actividades que reduzcan el impacto sobre el ambiente (OCDE, 2013). A este respecto, el crecimiento urbano verde está considerado como parte del desarrollo sostenible. Las complejas interacciones entre el agua y las agendas urbanas muestran muy claramente cómo el crecimiento económico y las preocupaciones ambientales están vinculadas al desarrollo (Holloway, 2006, p. 165):

Una política de desarrollo que presta atención a la calidad ambiental fomenta, no limita, el crecimiento del ingreso real. El problema es que las inversiones que generan estos beneficios netos positivos llegan en una “forma no comercial”, es decir, no tienen un precio de mercado... El punto de vista alternativo del lazo entre el desarrollo y el medio ambiente es que el propio desarrollo depende de la calidad ambiental en algunos aspectos críticos ...El desarrollo requiere que mejore el ambiente.

En el caso de América Latina, Lagos y Rosales (2013) subrayan que la distribución del ingreso es el gran talón de Aquiles del desarrollo sostenible. Los autores explican que, de hecho, el crecimiento y la redistribución deberían y pueden ir de la mano. Desde hace tiempo se ha reconocido esta situación (Williamson, 2003). Si se percibe la desigualdad como un obstáculo al crecimiento económico y al desarrollo social, hay racionalidad económica en las políticas orientadas a una mayor cohesión social (Ocampo, 2006; Emmerij, 2008). Por tanto, la pobreza y la distribución del ingreso son dos temas que merecen una atención máxima en el diseño de las políticas de agua y urbanas. El acceso a servicios de agua y su calidad están ampliamente determinados por ambos temas. Las personas pobres son más vulnerables a los impactos climáticos extremos que las ricas, básicamente por vivir en áreas de mayor riesgo y con recursos limitados. Datos relativamente recientes indican que aproximadamente 28 por ciento de la población de América Latina es pobre (cuadro 1.4) (CEPAL, 2013).<sup>9</sup>

La pobreza, en términos relativos, es menos marcada en las áreas urbanas, pero sigue siendo una gran preocupación. Se estima que el 23 por ciento de la población urbana de la región es pobre. Las estimaciones por países muestran que, aunque a una escala menor que la pobreza en general, la pobreza urbana es alta.<sup>10</sup> Como era de esperar, las tasas de pobreza son mucho más altas en las áreas rurales. En seis de los 15 países con datos disponibles, más de la mitad de la población rural respectiva es

pobre. En 2013, se estimaba que casi un cuarto de los residentes urbanos de ALC vivía en barrios marginales (CAF, 2013). Por supuesto, la provisión de servicios básicos, como los de agua potable y saneamiento, en estos barrios marginales deja mucho que desear. Pese a los avances logrados para alcanzar el acceso universal a agua y saneamiento en la región, un cuarto de la población no tiene acceso a servicios de agua o los reciben en condiciones inadecuadas (CAF, 2013).

Se podría tener una comprensión más integral de los temas del agua si estos se enmarcaran dentro de una perspectiva de desarrollo (Biswas, 2009).<sup>11</sup> Conforme a este punto de vista, se debe ver el agua en relación con otros sectores del desarrollo, como la vivienda, la agricultura, la salud, la energía, la infraestructura, el medio ambiente y, por supuesto, las ciudades. Los problemas del agua y las respuestas de las políticas públicas a esos problemas no pueden seguir siendo abordados de manera exclusiva y exitosa únicamente desde la perspectiva del agua. Las políticas de agua deberían ir de la mano con la planificación territorial. Existen numerosos ejemplos en América Latina y otros lugares que lo demuestran, y los estudios de caso presentados en este libro confirman esta premisa.

#### Cuadro 1.4

##### Población pobre en áreas rurales y urbanas de América Latina, año más reciente disponible (en porcentaje del total de población)

País	Año	Nacional	Total áreas urbanas	Total áreas rurales
Argentina	2012	ND	4,3	ND
Bolivia (Estado Plurinacional)	2011	36,3	16,2	32,1
Brasil	2012	18,6	16,2	32,1
Chile	2011	11,0	11,3	8,7
Colombia	2012	32,9	28,5	46,9
Costa Rica	2012	17,8	17,1	19,0
Ecuador	2012	32,2	28,8	38,9
El Salvador	2012	45,3	41,0	52,6
Guatemala	2006	54,8	42,0	66,5
Honduras	2010	67,4	56,3	76,5
México	2012	37,1	33,2	43,5
Nicaragua	2009	58,3	52,9	65,4
Panamá	2011	25,3	15,5	43,6
Paraguay	2011	49,6	42,9	59,3
Perú	2012	23,7	14,5	50,8
Uruguay	2012	5,9	6,1	2,6
Venezuela (República Bolivariana de)*	2012	23,9	ND	ND
América Latina (promedio simple)**	2012	28,2	23,2	48,6

Notas: \* Desde 1998, el diseño de la muestra para la encuesta no permite la desagregación rural-urbana. Por tanto, las cifras corresponden al total nacional. \*\* La estimación se basa en los 17 países incluidos en el cuadro además de República Dominicana y Haití. ND, datos no disponibles o no pueden ser desagregados. La columna en gris (coloreada por el autor) destaca la dimensión urbana.  
Fuente: Adaptado de CEPAL (2013, cuadro 1.6.1, p. 75)

## **Cambio climático y gestión de riesgos**

Existe un amplio consenso en que el cambio climático afectará de manera adversa a América Latina en general y en particular a sus ciudades. La región es especialmente vulnerable a los escenarios observados y previstos, en parte por su localización y la distribución de la población y la infraestructura (Vergara et al., 2013), pero también por sus condiciones socioeconómicas, incluida la pobreza y la desigualdad (Rubin y Rossing, 2012). Los modelos existentes prevén tanto inundaciones más intensas como extensos periodos de sequía. Aunque es difícil estimar totalmente los efectos del cambio climático, se prevé que los daños sean sustanciales. Está claro que los costos de la inacción serán elevados y que la población urbana pobre será la más afectada (Banco Mundial, 2013a).

Sin embargo, también se sostiene que es necesario un marco contextual apropiado para el cambio climático y la gestión de riesgos. Cada vez está más claro que los lazos entre las dinámicas de población y el cambio climático son más complejas de lo que se reconoce normalmente (Satterwhaite, 2014b; Guzmán et al., 2009). Centrándose más específicamente en la adaptación al cambio climático en el sector del agua, Ludwig et al. (2009, p. 6) confirman lo que está también emanando de otros estudios: la dimensión local de las soluciones necesarias para la adaptación.

[S]e deberían combinar las oportunidades técnicas con cambios institucionales para adaptarse al cambio climático...[A]unque el cambio climático es un problema global, las soluciones necesarias para la adaptación son principalmente locales.

Los huracanes, frecuentes en América Latina y el Caribe, pueden tener efectos devastadores en las ciudades. Aunque los huracanes siempre han ocurrido, la percepción general es que el cambio climático aumenta la frecuencia y la intensidad de los eventos climáticos extremos. Sin embargo, estos efectos están en parte relacionados con el crecimiento urbano no planificado, donde la infraestructura no es adecuada para afrontar eventos climáticos extremos. Una planificación sólida debe considerar el diseño adecuado de estrategias de prevención y mitigación, con la intención firme de reducir la vulnerabilidad e incrementar la resiliencia de aquellos grupos de población que presentan mayor riesgo (Holloway, 2006). Un diseño así debe considerar las vulnerabilidades económicas, sociales y ambientales que contribuyen a los impactos adversos y las dificultades.

Considerar la escala regional y local en la construcción de escenarios de cambio climático tiene una gran importancia (Jacob y van den Hurk, 2009). Llevar escenarios globales a la escala local es un proceso muy complejo. Investigaciones recientes muestran que los costos y beneficios de la adaptación al cambio climático son, de hecho, específicos al contexto (Marchal et al., 2012). Esta variación es, por supuesto, climatológica e hidrológica, pero también está relacionada con las condiciones económicas, sociales, legales y políticas que afectan la gestión del agua a nivel local. A este respecto, son esenciales las consultas y una comunicación adecuadas con las partes interesadas. El público debe ser incluido, informado y educado sobre las implicaciones de política pública de estos escenarios. Hay también una dimensión psicológica en la manera en que la sociedad percibe y aborda los riesgos asociados con las inundaciones y las sequías (Shaw, 2005). Un énfasis en el corto plazo explica la fuerte atención que estos eventos reciben cuando ocurren e inmediatamente después, y que sean relegados a un segundo plano frente a otras prioridades cuando los acontecimientos han pasado.



## Desafíos y conclusiones de política pública

El agua y las ciudades de América Latina afrontan muchos desafíos que deben ser abordados. Estos retos no dejarán de crecer en el futuro y, por tanto, aumentará la demanda para que se diseñen e implementen políticas públicas más coherentes. Como explica Bhari (2011), la urbanización y la demanda de recursos de agua son dos motores que necesitan una gestión integrada eficaz de los recursos hídricos, que se aleje de la desconexión tradicional con los temas del agua urbana que se ha visto en los procesos más amplios de planificación urbana. Hasta ahora, la regla ha sido el aislamiento, frente a un esfuerzo coordinado. Por consiguiente, la gestión por cuencas tiene un papel que desempeñar para tener en cuenta las condiciones impuestas por la lógica del ciclo hidrológico. Desde esta perspectiva, no es la rápida urbanización por sí misma, sino la carencia de estructuras de gobernanza que funcionen adecuadamente, así como el estancamiento económico, lo que alimenta la mayoría de los problemas urbanos, incluida la provisión de agua y saneamiento (Satterthwaite, 2006).

Se necesita un abordaje más holístico en el que una sólida gestión del agua urbana esté perfectamente en consonancia con una gobernanza fuerte del agua, tanto a nivel nacional como local (Lall y Deichmann, 2009; Bahri, 2001; ONU-Hábitat, 2013). En esta nueva propuesta de gestión del agua urbana, las instituciones están adecuadamente alineadas con marcos legislativos y políticos coherentes. Como se puso de relieve en la sexta sesión del Foro Urbano Mundial, 'la urbanización planificada requiere una capacidad política e institucional fuerte para gestionar las diferencias, las disputas sobre el uso del suelo y los conflictos de interés. Se necesitan la legitimidad política, la confianza y el imperio de la ley' (ONU-Hábitat, 2013, p. 12). Las políticas de crecimiento verde efectivas dependen del liderazgo político, la aceptación pública y, por supuesto, el financiamiento, incluyendo el de la rehabilitación y mantenimiento de infraestructura (OCDE, 2012b; Lall y Deichmann, 2009).

Un análisis del agua, las ciudades y el desarrollo lleva directamente a las cuestiones de la distribución del ingreso y la política social. Este reconocimiento viene no solo de las dimensiones del agua urbana, sino también del crecimiento económico y las perspectivas de desarrollo. Hace tiempo que la elaboración de políticas públicas debería haber reconocido que se necesita invertir en desarrollo para generar más crecimiento económico. Reconciliar la distribución del ingreso y el crecimiento, en particular, ha sido considerado como el mayor desafío del siglo XXI (Kholi, 2006). La relación entre estas preocupaciones y el desarrollo social y la política del agua es clara, al igual que la relevancia de la política urbana a la luz del muy alto nivel de urbanización de América Latina. La gestión urbana coherente y las políticas comprensivas sobre el agua son buenas para el desarrollo sostenible. Este es el conjunto de asuntos que se abordan en este libro.

Se necesita un enfoque más proactivo para enfrentar los desafíos del cambio climático. La prevención podría ser una estrategia más costo-efectiva para abordar los impactos del cambio climático (ONU-Hábitat, 2012). En gran medida, la vulnerabilidad de las ciudades al cambio climático depende de su capacidad interna para abordarlo, pero el diseño de políticas requiere una coordinación efectiva entre los niveles de gobierno y dentro de estos, así como con los actores no gubernamentales (ONU-Hábitat, 2012). Se podría abordar la adaptación mediante estrategias basadas en la participación comunitaria (y su aprendizaje) junto con mecanismos institucionales más apropiados (Rubin y Rossing, 2012; Banco Mundial, 2013b). Sin embargo, solo algunos Gobiernos han elaborado un enfoque integral para la gestión del riesgo a desastres; esta carencia está bien ilustrada por las ciudades costeras, que están expuestas a riesgos únicos (Banco Mundial, 2013b). Se necesita adaptar los modelos nacionales de cambio climático a la escala local y de cuencas, puesto que estas son las escalas donde más se sienten los impactos (Rubin y Rossing, 2012).

Es esencial enmarcar las políticas públicas relativas al agua y las ciudades en América Latina en el contexto en el que son formuladas e implementadas dichas políticas. La elaboración de políticas involucra a una gran variedad de actores que interactúan en diferentes escenarios. Los contextos y las circunstancias cambian, al igual que lo hace la naturaleza y los resultados de las políticas. Como explican Stein y Tommasi (2006) respecto a América Latina, el proceso político es un componente importante del proceso de diseño de las políticas públicas; ignorar ese lazo puede llevar, como ha sido el caso, a reformas inadecuadas y decepciones. La toma de decisiones sobre los nexos entre el agua y las ciudades en América Latina presentan una variedad de ejemplos relacionados con estas preocupaciones.

El desarrollo económico no es producto exclusivamente de las fuerzas de libre mercado. El sector público y el sector privado pueden trabajar juntos y reforzar el trabajo respectivo para lograr la prosperidad económica. Es un sentimiento que se observa –con diferente intensidad– en todas partes. América Latina es una región que muestra que, efectivamente, es así (Sachs, 2013). Reconocer esto tiene implicaciones importantes para las políticas urbanas y de agua, tales como el financiamiento de la infraestructura de agua en las ciudades. La preocupación que hace tiempo expresó Rojas (1989) sobre las dificultades para que las ciudades de América Latina financien la provisión de infraestructura en general, y de servicios de agua en particular, sin una economía urbana dinámica, todavía es válida hoy. El informe de 2013 ONU-Hábitat, en el que se subraya la atención urgente que se debería dar a la economía urbana, refuerza esta preocupación.

Como se ha dicho en el discurso sobre el desarrollo (Stiglitz, 2001; Coyle, 2002), hace falta un mayor grado de humildad para abordar la agenda urbana del agua en América Latina. No tenemos todas las respuestas a los desafíos que plantea el complejo nexo multidimensional que existe entre el agua y las ciudades y sus vínculos con el desarrollo sostenible. No hay una receta para el éxito. Además de los problemas de larga data, se están dando nuevas tendencias mundiales con profundas implicaciones para el agua, las ciudades y el desarrollo. Entre ellas están el calentamiento global, la creciente desigualdad en la distribución del ingreso, el aumento de los precios de los alimentos y la energía, los cambios demográficos, el envejecimiento y las migraciones (Banco Mundial, 2008).

Uno de los mensajes recurrentes en la literatura sobre el agua y las ciudades es que hace falta más trabajo empírico e información estadística. Este libro proporciona una rica selección de casos y observaciones empíricas que también apoyan la necesidad de mejores datos. Otro desafío mayor está relacionado con las habilidades humanas para abordar la apremiante agenda para obtener conocimientos sobre el agua y las ciudades. El cambio climático es un caso concreto, pero la lista de temas que requieren un involucramiento científico profesional es larga y necesita de los esfuerzos concertados de las universidades, los gobiernos, el sector privado y la sociedad civil. Se deben fomentar estudios interdisciplinarios, junto con requisitos estrictos para la especialización. La investigación sobre el agua y las ciudades en América Latina necesita apoyo. Las redes de investigación existentes en la región podrían facilitar la elaboración de la agenda de investigación sobre el agua y las ciudades en América Latina. Este libro tiene como propósito impulsar el pensamiento analítico en estas direcciones.

## Notas

- <sup>1</sup> Véanse los números especiales de *National Geographic* (abril de 2010 y enero de 2012).
- <sup>2</sup> La definición de este riesgo, según el Foro Económico Mundial (WEF, 2014, p. 53), es ‘un descenso importante en la calidad y cantidad de agua dulce combinada con una competencia creciente entre los sistemas que requieren gran cantidad de recursos, tales como el de producción de alimentos y energía’.
- <sup>3</sup> Los otros cuatro temas que también tienen relación con la gestión del agua y las ciudades son: el conocimiento para el desarrollo, la corrupción, la pobreza y las instituciones.
- <sup>4</sup> Para el Foro Económico Mundial, la competitividad sostenible se define como ‘el conjunto de instituciones, políticas y factores que hacen que una nación siga siendo productiva a largo plazo al tiempo que asegura la sostenibilidad social y ambiental’ (Bilbao Osorio et al., 2013, p. 55).
- <sup>5</sup> El informe subraya que las estimaciones usadas se basan en estadísticas nacionales y que no hay una definición común aceptada de lo que se considera ‘urbano’, ni siquiera dentro de los países (a lo largo del tiempo). Se han realizado ajustes a las estimaciones nacionales y se utiliza el concepto de ‘aglomeración urbana’.
- <sup>6</sup> Este párrafo se basa en ONU-Hábitat (2012).
- <sup>7</sup> Hay una bibliografía sustancial que sostiene este punto. Véase, por ejemplo, Manders et al. (2012) para el ámbito internacional y Satterthwaite (2014b) para los países de ingreso bajo y mediano. La revisión del *World Urbanization Prospects* (Naciones Unidas, 2014) proporciona información de las tendencias de urbanización y destaca los pros y los contras de la concentración urbana.
- <sup>8</sup> El planteamiento presentado a continuación sobre este tema está basado en ese informe.
- <sup>9</sup> Los países con las mayores proporciones de habitantes pobres son Honduras (67,4 por ciento), Nicaragua (58,3 por ciento), Guatemala (54,8 por ciento), Paraguay (49,6 por ciento) y El Salvador (45,3 por ciento). Al otro lado de la escala, con una situación mucho mejor, están Uruguay (5,9 por ciento) y Chile (11 por ciento). La mayoría de los demás países tienen entre el 20 y el 70 por ciento de sus poblaciones en situación de pobreza.
- <sup>10</sup> Los porcentajes varían del 56 por ciento en Honduras al 41 por ciento en El Salvador. México tiene 33 por ciento de su población viviendo en la pobreza, y Colombia y Ecuador tienen algo menos del 30 por ciento, respectivamente.
- <sup>11</sup> La mayor parte de este párrafo se basa en este autor.

## Referencias

- Bahri, A. (2011). *Towards integrated urban water management*, Documento de perspectivas, Asociación Mundial para el Agua, Estocolmo.
- Banco Mundial (2008). *The Growth Report. Strategies for sustained growth and inclusive development*, Banco Mundial para la Comisión para el Crecimiento y el Desarrollo, Washington, D.C.
- Banco Mundial (2009). *World development report 2009: Reshaping economic geography*, Banco Mundial, Washington, D.C.
- Banco Mundial (2013a). *World development report 2014: Risk and opportunity - Managing risk for development*, Banco Mundial, Washington, D.C.
- Banco Mundial (2013b). *Resilient coastal cities. The economic, social and environmental dimensions of risk*, Banco Mundial ALC, Documento de trabajo 78607, Washington, D.C.
- Bhargava, V. (ed.) (2006). *Global issues for global citizens. An introduction to key development challenges*, Banco Mundial, Washington, D.C.
- BID (Banco Interamericano de Desarrollo) (2011). *Sostenibilidad urbana en América Latina y el Caribe*, Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, D.C., 2011.
- Bilbao Osorio, B., Blanke, J., Campanella, E., Crotti, R., Drzeniek-Hanouz, M. y Serin, C. (2013). "Assessing the sustainable competitiveness of nations", en *The Global Competitiveness Report 2013-2014*, Foro Económico Mundial, Ginebra.
- Bird, R. M. (2001). "Presentación del escenario: finanzas municipales e intergubernamentales", en M. Freire y R. Stren (eds.), *Los retos del gobierno urbano*, Alfaomega para el Banco Mundial, México, DF.
- Biswas, A. K. (2009). "Introduction: Integrated water resources management in Latin America", en A. K. Biswas, B. P. F. Braga, C. Tortajada y M. Palerm (eds.), *Integrated water resources management in Latin America*, Routledge, Londres y Nueva York.
- CAF (2013). *Infraestructura en el desarrollo integral de América Latina. IDeAL 2013*, Banco de Desarrollo de América Latina, Caracas.
- CEPAL y PNUMA (Comisión Económica para América Latina y el Caribe y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) (2002). *The sustainability of development in Latin America and the Caribbean: Challenges and opportunities*, CEPAL, Santiago, Chile.
- Clarke Annez, P. y Buckley, R.M. (2009). "Urbanization and growth: Setting the context", en M. Spence, P. Clarke Annez y R. M. Buckley (eds.), *Urbanization and growth*, Banco Mundial para la Comisión de Crecimiento y Desarrollo, Washington, D.C.
- Coyle, D. (2002). *Sex, drugs and economics - An unconventional introduction to economics*, Texere, Nueva York y Londres.
- Dasgupta, P. (1993). *An inquiry into well-being and destitution*, Oxford University Press, Nueva York.
- De Mello, L. y Dutz, M. A. (eds.) (2012). *Promoting inclusive growth: challenges and policies*, Publicaciones OCDE, <http://7dx.doi.org/10.1787/9789264168305> en Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), *Statistical yearbook for Latin America and the Caribbean, 2013* (LC/G.2582-P), Santiago, Chile, 2013, publicación de las Naciones Unidas, n.º de venta E/S.14.II.G.1, consultado el 20 de agosto de 2014.

- Emmerij, L. (2008). "Teoría y práctica del desarrollo: ensayo introductorio y conclusiones de política", en L. Emmerij y J. Núñez del Arco (eds.), *El desarrollo económico y social en los umbrales del siglo XXI*, Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, D.C.
- Galor, O. (2011). *Unified growth theory*, Princeton University Press, Princeton y Oxford.
- Giraud, P.-N. (2002). "¿Qué hemos aprendido?", *Istor - Revista de Historia Internacional*, no. 10, otoño, pp. 10-24.
- Gurria, A. (2012). "Foreword", en OCDE, *OECD Environmental Outlook to 2050: The consequences of inaction*, Publicaciones OCDE.
- Guzmán, J. M., Martine, G., McGranahan, G., Schensul, D. y Tacoli, C. (eds.) (2009). *Population dynamics and climate change*, Fondo de Población de las Naciones Unidas e Instituto Internacional para el Medio Ambiente y el Desarrollo, Nueva York y Londres.
- Hamilton, K. E. (2004). "Responsible growth for the new millennium", en Banco Mundial (ed.), *Perspectives on development*, Banco Mundial, Washington, D.C.
- Holloway, A. (2006). "Disaster mitigation", en D. A. Clark (ed.), *The Elgar companion to development studies*, Edward Elgar, Cheltenham, Reino Unido, y Northampton, NH, EE. UU.
- Jacob, D. y van den Hurk, B. (2009). "Climate change scenarios at the global and local scales", en F. Ludwig, P. Kabat, H. van Schaik y M. van der Valk (eds.), *Climate change adaptation in the water sector*, Earthscan, Londres y Washington, D.C.
- Kholi, A. (2006). "State and development", en D. A. Clark (ed.), *The Elgar companion to development studies*, Edward Elgar, Cheltenham, Reino Unido, y Northampton, NH, EE. UU.
- Knight, J. B. (1991). "The evolution of development economics", en V. N. Balasubramanyam y S. Lall (eds.), *Current issues in development economics*, St. Martin's Press, Nueva York.
- Lagos, R. y Rosales, O. (2013). "Globalization and development options", *The Brown Journal of World Affairs*, vol. XIX, n.º 2, pp. 283-301.
- Lall, S. V. y Deichmann, U. (2009). "Density and disasters - Economics of urban hazard risk", documento de trabajo 5161 sobre investigación de políticas del Banco Mundial, diciembre, pp. 48, WPS5161.
- Ludwig, F., Droogers, P., van der Valk, M., van Schaik, H. y Kabat, P. (2009). "Introduction", en F. Ludwig, P. Kabat, H. van Schaik, y M. van der Valk (eds.), *Climate change adaptation in the water sector*, Earthscan, Londres y Washington, DC.
- Manders, T., Chateau, J., Magné, B., van Vuuren, D., Gerdien Prins, A. y Dellink, R. (2012). "Socio-economic developments", en OCDE, *OECD Environmental Outlook to 2050: The consequences of inaction*, Publicaciones OCDE.
- Marchal, V., Dellink, R., van Vuuren, D., Clapp, Ch., Chateau, J, Magn., B., Lanzi, E. y van Vliet, J. (2012). "Climate Change", en OCDE, *OECD Environmental Outlook to 2050: The consequences of inaction*, Publicaciones OCDE.
- Meier, G. (1998). "Introduction: Ideas for development", en Gerald Meier y Joseph Stiglitz (eds.), *Frontiers of development Economics. The future in perspective*, Oxford University Press para Banco Mundial, Washington, D.C.

- Naciones Unidas, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, División de Población (2014). *World Urbanization Prospects: The 2014 revision, Highlights* (ST/ESA/SER.A/352).
- Naciones Unidas (2013). *World economic and social surveys: Sustainable development challenges* E/2013/50/Rev.1 ST/ESA/7344), citado por Naciones Unidas (2014, p. 9).
- Nafziger, E. W. (1997). *The economics of developing countries*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, EE. UU.
- Ocampo, J. A. (2006). “Más allá del consenso de Washington”, *Economía UNAM*, vol. 3, n.º 7, pp. 7-25.
- OCDE (2012a). *Inclusive green growth: For the future we want*. Trabajo de la OCDE sobre la relevancia de Río +20, OCDE, París.
- OCDE (2012b). “Executive summary”, en OCDE, *OECD Environmental Outlook to 2050: The consequences of inaction*, Publicaciones OCDE.
- OCDE (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico) (2013). *Green growth and cities*, estudios sobre crecimiento verde de la OCDE, París.
- ONU-Hábitat (2012). *El estado de las ciudades de América Latina y el Caribe 2012. Rumbo a una nueva transición urbana*, Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos, Nairobi.
- ONU-Hábitat (2013). *The urban future, report of the sixth session of the World Urban Forum*, Nápoles, Italia, 1-7 septiembre 2012, HSP/WUF/6/3, abril de 2013.
- Rojas, E. (1989). “El financiamiento del desarrollo urbano en América Latina: estrategias posibles frente a la crisis externa”, *Revista EURE*, vol. 45, pp.49-86.
- Rubin, O. y Rossing, T. (2012). “National and local vulnerability to climate-related disasters in Latin America: The role of social asset-based adaptation”, *Bulletin of Latin American Research*, vol. 31, n.º 1, pp. 19-35.
- Sachs, J. (2012). “Government, geography, and growth. The true drivers of development”, *Foreign Affairs*, vol. 91, n.º 5, pp. 142-150.
- Sachs, J. (2013). *Economía para una planeta abarrotada*, Editorial Debate, Ciudad de México.
- Satterwhaite, D. (2006). “Urbanisation and third world cities”, en D. A. Clark (ed.), *The Elgar companion to development studies*, Edward Elgar, Cheltenham y Northampton, NH, EE. UU.
- Satterwhaite, D. (2014a). “Urbanization in low-and middle-income nations in Africa, Asia and Latin America”, en V. Desai y R. B. Potter (eds.), *The companion to development studies*, 3ª edición, Routledge, Londres y Nueva York.
- Satterwhaite, D. (2014b). “Urbanization and environment in low-and middle-income nations”, en V. Desai y R. B. Potter (eds.), *The companion to development studies*, 3ª edición, Routledge, Londres y Nueva York.
- Shaw, W. D. (2005). *Water resource economics and policy - An introduction*, Edward Elgar, Cheltenham y Northampton, NH, EE. UU.
- SIWI (Stockholm International Water Institute) (2011). *Overarching conclusions. World Water Week 2011. Responding to global changes: Water in an urbanising world*, Instituto Internacional del Agua de Estocolmo, Estocolmo.

- Spence, M. (2009). "Preface", en M. Spence, P. Clarke Annez y R. M. Buckley (eds.), *Urbanization and growth*, Banco Mundial para la Comisión para el Crecimiento y el Desarrollo, Washington, D.C.
- Stein, E. y Tommasi, M. (2006). "La política de las políticas públicas", *Política y Gobierno*, vol. XIII, n.º 2, pp. 393-416.
- Stiglitz, J. (2001). "More instruments and broader goals: Moving toward the post-Washington consensus", en Joseph Stiglitz y Banco Mundial, *The rebel within. Edited with a commentary by Ha-Joong Chang*, Anthem, London.
- Stiglitz, J. (2009). "Commentary. The world development report: Development theory and policy", en S. Yusuf, A. Deaton, K. Dervis, W. Easterly, T. Ito y J. Stiglitz (eds.), *Development economics through the decades. A critical look at 30 years of the World Development Report*, Banco Mundial, Washington, D.C.
- Todaro, M. y Smith, C. (2012). *Economic development*, Addison Wesley, Boston.
- Vergara, W., Ríos, A. R., Galindo, L. M., Gutman, P., Isbell, P., Suding, H. Y Samaniego, J. L. (2013). *The climate and development challenge for Latin America and the Caribbean*. Options for climate-resilient, low carbon development, Banco Interamericano de Desarrollo, Comisión Económica para América Latina y el Caribe y World Wildlife Fund, Washington, D.C.
- Wade, J. S. (2012). "The future of urban water services in Latin America", *Bulletin of Latin American Research*, vol. 31, n.º 2, pp. 207-221.
- WEF (Foro Económico Mundial) (2014). *Global Risks 2014*, novena edición, Foro Económico Mundial, Ginebra.
- Williamson, J. (2003). "No hay consenso en el significado. Reseña sobre el consenso de Washington y sugerencias sobre los pasos a dar", *Finanzas y Desarrollo*, septiembre, pp. 10-13.
- Winston, C. (1994). "A commentary in roundtable discussion. Critical issues in infrastructure in developing countries", en Actas del Banco Mundial de la Conferencia Anual sobre Economía del Desarrollo 1993, Banco Mundial, Washington, D.C.

## 2 ¿Por qué es importante entender el nexo del agua urbana?

*Abel Mejía Betancourt*

### **Introducción: el nexo entre el agua y las ciudades**

Más de la mitad de la población mundial reside actualmente en ciudades. Las ciudades son motores del progreso social y del crecimiento económico, y en ellas se genera la mayor proporción de la producción económica mundial. Por lo tanto, comprender a fondo las conexiones entre el desarrollo de las ciudades y el agua es crucial para los planificadores urbanos y los profesionales que trabajan en el sector del agua. No solo es trascendental para quienes elaboran las políticas en las agencias gubernamentales y en los órganos legislativos, sino también para los responsables de la toma de decisiones relacionadas con el abastecimiento de agua a la población, y también en la industria, un sector fuertemente dependiente del agua en el proceso productivo y que genera cantidades importantes de aguas residuales.

El agua es esencial para la vida, y un componente primordial para cualquier forma de subsistencia. Este atributo del agua es clave para explicar por qué y dónde existen ciudades. Históricamente, las ciudades fueron establecidas cerca de fuentes de agua que podían sostener las actividades sociales y económicas, y por ello el crecimiento de la ciudad estaba determinado, entre otros factores, por la cercanía del agua en cantidad y calidad. Por ejemplo, durante el Imperio Romano se construyeron sistemas de acueductos y cloacas que funcionan hasta hoy, al igual que en otras civilizaciones antiguas de Asia, Oriente Medio y América donde se construyeron importantes infraestructuras hidráulicas para atender la demanda de agua de las ciudades. Llama la atención que muchos de los conceptos técnicos básicos para suministrar agua potable a las ciudades, y retirar las aguas servidas que se generan en ellas, ha cambiado poco durante milenios.

Comprender los lazos entre las ciudades y el agua se está convirtiendo en algo cada vez más importante a la luz del cambio climático y la degradación de los ecosistemas. Aunque todavía no es posible hacer predicciones muy precisas sobre cómo afectarán estos procesos a determinadas ciudades o lugares específicos del planeta, se comienza a tener una imagen aproximada gracias a los esfuerzos para modelar los incrementos de temperatura en las capas altas de la atmósfera, tomando en cuenta el efecto de invernadero. Con estos modelos, la ciencia puede explicar cómo los incrementos de temperatura se traducen en vapor y en lluvia; se sabe que los efectos de la variabilidad del clima se manifestarán en cambios que intensificarán las interacciones en el ciclo hidrológico. También hay evidencias de que en las áreas urbanas -particularmente las



ciudades más grandes y densas- estos efectos se pueden afrontar mejor que en los asentamientos más dispersos (Banco Mundial, 2009).

Hemos logrado dominar la tecnología para extraer y transportar agua desde cientos de kilómetros, lo que permite abastecer a ciudades antiguas con poca agua, como es el caso de Beijing, Trípoli y Bakú, y también a ciudades completamente nuevas, como Las Vegas, que ha sido construida en un región extremadamente árida. Es más, desde la segunda mitad del siglo XIX, ha habido continuos avances tecnológicos para purificar el agua para su consumo y tratar las aguas residuales a fin de preservar la salud humana y la integridad de los ecosistemas. Recientemente, las nuevas tecnologías para el manejo de datos geo referenciados han permitido disponer de una capacidad sin precedentes para capturar, analizar y monitorear datos y obtener información sobre los procesos del agua en el medio natural y en la gestión de los servicios del agua que la infraestructura de ingeniería ha hecho posibles.

Sin embargo, aunque hay una relación obvia entre la planificación urbana y los servicios del agua, el nivel de conexión a nivel institucional entre ambos, es insuficiente (CAF, 2013). Los planificadores urbanos y los gestores y profesionales del agua siguen una lógica similar, pero básicamente paralela, con una integración mínima, ya sea a nivel conceptual o práctico. Los planes, los programas y los proyectos de desarrollo urbano están principalmente dedicados hacia la caracterización del uso del suelo y la movilidad urbana. Con esta forma de planificar la ciudad, hay una hipótesis subyacente de que servicios sociales como los de salud, educación y seguridad, así como la infraestructura urbana para el suministro de electricidad, gas, telecomunicaciones, agua, saneamiento y drenaje, se llevarán a cabo de alguna forma en el marco establecido por el planeamiento urbano.

De igual manera, aunque los planificadores del sector del agua están acostumbrados a realizar planes maestros para la inversión en infraestructura con horizontes de 25 años o más -basándose en los supuestos demográficos, el uso de indicadores y las proyecciones agregadas de demandas de agua-, con frecuencia, este trabajo está poco coordinado con la planificación urbana y no tiene en cuenta las dinámicas de cambio en el uso del suelo, a pesar de que esta falencia es ampliamente reconocida (Harberg, 1997). Más importante aún es que dicha situación no toma en consideración la complejidad de la forma como el agua se mueve y se transforma dentro de una ciudad.

## **El crecimiento urbano hasta 2030**

Las estimaciones de crecimiento de la población urbana mundial para 2011-2030 están acompañadas de profundos cambios sociales en la población en su conjunto, en los modelos de consumo alimentario y energético, los estándares de higiene y confort personal, la generación de residuos y las comunicaciones. La combinación de estos factores ejercen una presión significativa sobre los recursos hídricos -tanto en cantidad como en calidad- y por ello exigen una ampliación y mejora en la concepción y en el desempeño de la infraestructura hídrica en las ciudades. Según ONU-Hábitat (2009), la población urbana del planeta que en 2011 era de 3.632 millones de personas está creciendo a un ritmo anual de 70 millones y se prevé que llegará a casi 5.000 millones en 2030. La distribución de este crecimiento de la población urbana en el mundo será desigual: en Asia aumentará en 808 millones de personas, en África, 330 millones, en América Latina, 113, en América del Norte, 58 y tan solo 34 millones en Europa.

El uso del suelo urbano también está cambiando de manera drástica y a un ritmo incluso mayor que el crecimiento de población. El Banco Mundial presenta escenarios de uso del suelo para las áreas urbanas de los países desarrollados de América del Norte y Europa, así como de Japón y Australia. Según estos pronósticos, en el periodo 1990-2030, esas áreas aumentarán en 300.000 km<sup>2</sup>, que se suman a los 200.000 km<sup>2</sup> de las áreas construidas existentes. En el resto del mundo, se prevé que ese crecimiento sea incluso mayor, puesto que se calcula que se agregarán 400.000 km<sup>2</sup> a los 200.000 km<sup>2</sup> existentes (Shlomo et al., 2005). Esta ampliación en la ocupación del suelo de las ciudades a nivel global se está dando en un periodo que equivale a poco más que una generación y estará acompañado de demandas sin precedentes sobre los servicios urbanos, como son los de salud, educación, vivienda, transporte y electricidad, junto con suministro de agua, saneamiento, gestión de las aguas pluviales y control de las inundaciones.

América Latina es una región altamente urbanizada. En 2007, 260 millones de personas vivían en 198 asentamientos de la región con más de 200.000 personas, que en conjunto generaban un Producto Interno Bruto (PIB) de 3,6 billones de dólares (McKinsey Global Institute, 2011, p. 9). Las diez ciudades de mayor tamaño tienen una población de 95 millones de personas, un PIB per cápita de 18.000 dólares y un PIB total de 1,7 billones de dólares, equivalentes al 30 por ciento del total de la región.

Según el índice urbano desarrollado por McKinsey para medir el desempeño económico, las condiciones sociales, el uso sostenible de los recursos, las finanzas y la gobernanza, las ciudades latinoamericanas tienen un desempeño bajo en comparación con otros referentes internacionales (McKinsey Global Institute, 2011). Hay una necesidad apremiante por mejores infraestructuras y servicios básicos; el informe subraya la necesidad urgente de tomar medidas y concluye que las ciudades latinoamericanas han estado considerablemente lejos de proporcionar una planificación urbana coordinada. Para tener ciudades habitables y eficientes, se necesitan adecuadas infraestructuras y servicios, entre los que destacan los servicios de agua y saneamiento.

En 2005, aproximadamente el 25 por ciento de los habitantes urbanos de América Latina residía en viviendas precarias, con servicios urbanos inadecuados (ONU-Hábitat, 2009). Así las cosas, ¿cómo podrán las ciudades de la región convertirse en el hogar de otros 200 millones de personas al tiempo que cierran la brecha de infraestructura existente para aquellas personas que ya viven en condiciones precarias, especialmente en lo que respecta a los servicios de agua y saneamiento, pero también en lo relativo a la vivienda y otros servicios urbanos, como la recolecta y disposición de residuos sólidos? Este capítulo sostiene que, en América Latina, es viable absorber tanto el incremento de población en las ciudades existentes y al mismo tiempo cerrar la brecha de infraestructura para los que viven en los barrios de bajos ingresos y vivienda precaria. Esta visión optimista del futuro de América Latina se apoya en proyecciones de crecimiento económico sostenido, estabilidad macroeconómica y en el arraigo de los procesos democráticos en los países de la región.

Además, la región gozará de un bono o dividendo demográfico respecto al ratio de dependencia, lo que implica que la proporción de población en edad de trabajar aumentará y, según las proyecciones, alcanzará su mayor nivel en 2040 (Banco Mundial, 2011). En resumen, América Latina tiene una oportunidad histórica de alcanzar niveles de desarrollo económico más altos al tiempo que reduce la desigualdad y cierra las brechas de infraestructura existentes para 2030.

Sin embargo, cuando se examina la transformación espacial y el crecimiento urbano en América Latina desde una perspectiva histórica, se puede ver que ha sido, en general, desordenada y un tanto caótica (Banco Mundial, 2009). Por ejemplo,

las ciudades latinoamericanas han crecido con un fuerte componente de “ocupación informal” del suelo urbano (ONU-Hábitat 2003). Esto ha ocurrido por la debilidad de los mercados de vivienda urbano para satisfacer la demanda de los trabajadores y de la actividad económica, y por ello han sido incapaces de responder a las necesidades crecientes de vivienda e infraestructura. Esta debilidad estructural ha superado la capacidad de los Gobiernos, del sector privado proveedor de viviendas, y de la sociedad en su conjunto. Por lo tanto, podría intuirse que será muy difícil poder responder a tiempo a los desafíos de la urbanización precaria en América Latina con los niveles existentes de inversión, capacidad institucional y de gobernanza social.

Este crecimiento urbano desordenado está incentivado por las economías de aglomeración que atraen a las personas a las ciudades en la búsqueda de oportunidades económicas y de otras ventajas urbanas, a pesar del alto costo vida, un medio ambiente degradado y la amenaza de la violencia. Los intentos realizados para controlar el crecimiento urbano mediante políticas gubernamentales han fracasado en la mayoría de los casos (Banco Mundial, 2009). Además, la investigación empírica basada en datos de miles de ciudades ha recurrido a leyes matemáticas que ayudan a explicar los beneficios de la concentración de población en un lugar, porque refuerzan la actividad económica, el retorno de la inversión, y en general al avance general de la vitalidad social (Bettencourt et al., 2007).

Estas observaciones pueden corroborarse con evidencia analítica que nos muestra que algunas de las consecuencias negativas del crecimiento urbano acelerado en América Latina eran y son probablemente ineludibles (Banco Mundial, 2009). Como en el resto del mundo, las tendencias de urbanización en América Latina necesitan una fuerte intervención de los Gobiernos, para expandir los niveles existentes de inversión, capacidad institucional y gobernabilidad social. Solo mediante esta intervención pública se podrá responder a las necesidades de mejora de la vivienda e infraestructura precarias en una manera planeada y oportuna. Por lo tanto, una exigencia primordial para quienes están a cargo de las políticas públicas es la planificación e implementación de procesos para formalizar el uso del suelo urbano, construir viviendas decentes y suministrar servicios básicos, como el agua y el saneamiento.

El verdadero desafío para América Latina está en formular e implementar políticas que hagan que esos procesos sean rápidos, eficaces y al menor costo posible con el objetivo de minimizar el sufrimiento humano. A medida que se alcancen niveles de crecimiento económico y producción equivalentes a otras regiones desarrolladas del mundo, los países latinoamericanos deberán alcanzar una gobernanza institucional sostenible y transparente en materia de agua y utilizar inteligentemente los recursos financieros que se invierten en agua.

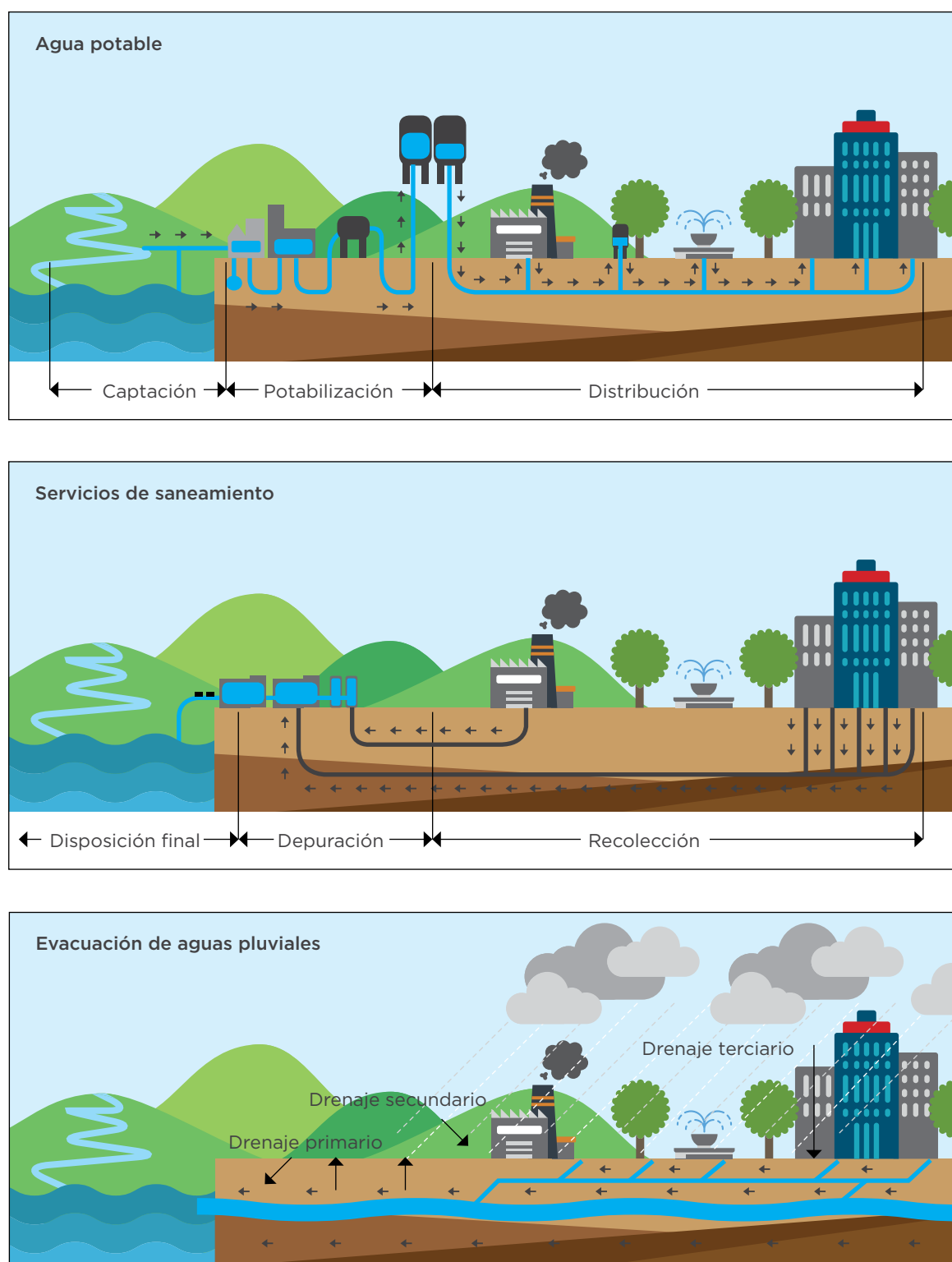
## **La gestión del ciclo urbano del agua**

Los servicios urbanos de agua son, por su naturaleza, multidimensionales. Deben tomar en cuenta problemas como la “ocupación informal” del suelo y la baja calidad de las viviendas; la mala calidad y administración de los servicios públicos urbanos, particularmente los de agua y saneamiento; la degradación del medio ambiente urbano, especialmente por la contaminación del agua, y la gestión deficiente de los residuos sólidos. La relación de los servicios urbanos de agua con estos temas es, unas veces, directa y obvia, y otras veces, indirecta y velada. Es por ello que la gestión urbana del agua es compleja y además se organiza de una manera segmentada, separando los servicios del agua en tres componentes: el suministro de agua potable, el saneamiento y el drenaje (figura 2.1). Por supuesto, los sistemas hidrológicos naturales no hacen esa distinción. El ciclo natural del agua está íntimamente vinculado con los bosques,

las montañas y los acuíferos que regulan y suministran el agua; con la tierra y el suelo, donde tiene lugar el escurrimiento y la infiltración del agua en el subsuelo. Está incluso conectada con otros procesos urbanos y con los sedimentos generados por la actividad humana y los procesos naturales.

**Figura 2.1**

**El agua urbana generalmente se divide en tres componentes separados: agua potable, saneamiento o alcantarillado y drenaje.**



En el caso del agua potable, las infraestructuras se diseñan para satisfacer la demanda de consumo final con una capacidad de reserva de aproximadamente 15 por ciento. Los sistemas de suministro de agua deben ser capaces de responder a una demanda (pico) equivalente a 1,5 veces de la demanda media, en cualquier punto y en el momento oportuno, con niveles de servicio predeterminados en términos de calidad, volumen, continuidad y presión (Mays, 2000). Los servicios de saneamiento implican la recolección de aguas residuales originadas por las actividades domésticas, comerciales e industriales y su transporte, su tratamiento y la disposición de las aguas servidas tratadas en el medio ambiente (Harberg, 1997). También se trata de la reutilización de los residuos de los procesos urbanos como un recurso, dentro del nuevo paradigma de la economía circular del agua.

El drenaje para la gestión de la lluvia e inundaciones urbanas se refiere a la infraestructura natural y de ingeniería que es necesaria para manejar eventos pluviales con una frecuencia relacionada con el riesgo e impacto económico de la inundación, generalmente estimada para periodos entre 5 y 25 años. El drenaje implica gestionar la retención del agua de lluvia en su origen, y controlar la impermeabilidad del suelo en las ciudades, además de disponer de la infraestructura para la colecta y conducción de descargas máximas de agua que podrían comprometer la vida de las personas y afectar las actividades sociales y económicas (Tucci y Bertoni, 2003).

A menudo, estos tres componentes del ciclo urbano del agua se encuentran bajo la responsabilidad funcional de varias jurisdicciones. En la mayoría de las ciudades de América Latina, el suministro de agua y saneamiento es gestionado por una sola empresa pública, aunque en algunos casos, como en Medellín (Colombia), estos temas están bajo la responsabilidad de una entidad multi servicios, encargadas también de los servicios eléctricos y las telecomunicaciones. En Chile, las empresas de servicios de agua son propiedad del sector privado. La responsabilidad por el drenaje urbano se encuentra muy segmentado, generalmente bajo la responsabilidad directa de múltiples autoridades municipales, cada una en su jurisdicción territorial, la cual no coincide con las cuencas de drenaje donde ocurre el escurrimiento (BID, 1999).

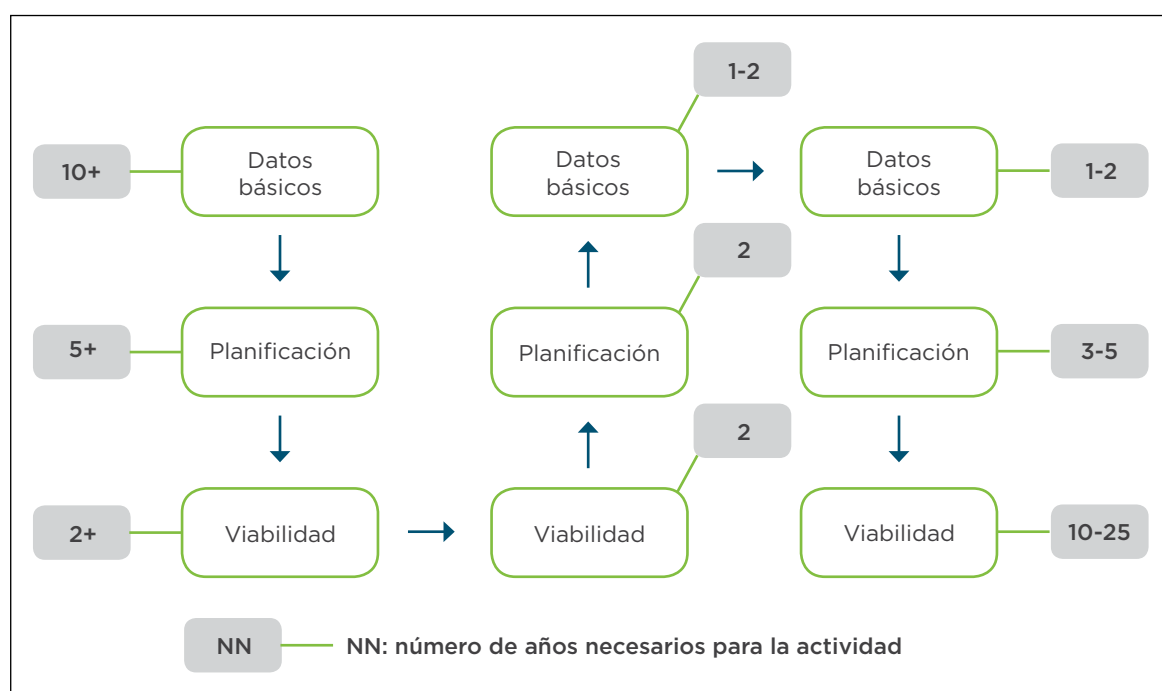
Muchas, si no la mayoría, de las fuentes de agua en las ciudades latinoamericanas se ven afectadas por procesos de contaminación incontrolados. Las fuentes tradicionales de agua, especialmente aquellas que están más cerca de las ciudades, son insuficientes en cantidad y calidad para satisfacer la demanda derivada del crecimiento urbano acelerado (BID, 2001). Desde hace varias décadas, la Ciudad de México, São Paulo, Río de Janeiro y Caracas, entre otras, disponen de sistemas de infraestructura de agua complejos y costosos que extraen agua de cuencas fluviales remotas y la transportan a esas ciudades. El desarrollo de proyectos de este tipo puede llevar décadas, desde su planificación hasta su funcionamiento debido a la complejidad que tiene la creación de infraestructura de agua, incluida la recopilación de datos, la planificación, la ingeniería y la construcción y operación (figura 2.2).

Los problemas del suministro de agua potable están exacerbados por la falta de medidas eficaces para controlar la demanda. En promedio, las pérdidas físicas en los sistemas urbanos de América Latina se acercan al 40 por ciento (GRTB, 2011). En Buenos Aires, por ejemplo, la capacidad de captación y tratamiento de agua está diseñada para proporcionar aproximadamente 600 litros por persona diarios, lo cual es casi tres veces la dotación de agua para ciudades como São Paulo y Bogotá y casi cuatro veces superior al de la mayoría de las ciudades europeas más eficientes en el uso del agua.

Abordar los temas de la planificación y gestión del agua en las ciudades desde la perspectiva de un único sector es desaconsejable e ineficaz. Para satisfacer las necesidades de las ciudades en crecimiento de América Latina en el siglo XXI,

se deberán incorporar varias consideraciones de infraestructura (uso del suelo, transporte y gestión de residuos sólidos, entre otras) a la gestión del agua a fin de dar una respuesta coordinada. Esto es quizás más crítico respecto a la vivienda. En la mayoría de los países de la región, es prioritario abordar las necesidades de la población urbana que vive en condiciones precarias, y por ello este objetivo figura en lo más alto de la agenda política de los países. Pero crear mejores condiciones de vida para las personas que viven en los barrios marginales se requiere no solo de una nueva generación de infraestructura de vivienda que “funcione”; sino también una nueva generación de infraestructura de agua –para el suministro de agua y saneamiento– que funcione igualmente, pues, sin ello, una vivienda nueva es casi irrelevante. Se necesita una solución coordinada para los diferentes problemas de infraestructura y crecimiento urbano dentro de un marco de política pública integrado, y la solución va realmente más allá de la capacidad de un enfoque puramente sectorial.

**Figura 2.2**  
Ciclo de los proyectos de infraestructura de agua



Fuente: Adaptado de CAF (2011b)

Igualmente, es prioritario mitigar niveles inaceptables de deterioro ambiental en las ciudades de América Latina. En particular, se requiere un enfoque de política urbana que vincule estrechamente los servicios de agua con la protección y conservación de los activos ambientales vinculados con las ciudades. Si bien la conservación del ambiente está estrechamente relacionada con mayores niveles de ingreso que facilitan la movilización social que fuerza a los Gobiernos y a quienes contaminan a actuar responsablemente. Un ambiente saludable y mejorado está también relacionado con los servicios de provisión y regulación de los ecosistemas, incluidos el suministro de agua y los sistemas naturales de drenaje y depuración de aguas servidas.

Este es en esencia un enfoque que está apareciendo en la mayoría de las ciudades más avanzadas de América Latina, como consecuencia del crecimiento económico y la demanda de la población que aspira vivir en un medio ambiente sano. En algunos casos, este enfoque está fomentando una revisión de paradigmas tecnológicos y de

las formas tradicionales para planear la infraestructura e implementar los proyectos de desarrollo. Por ejemplo, las ciudades latinoamericanas han comenzado a afrontar decisiones difíciles sobre la infraestructura hídrica; en concreto, decidir sobre sistemas troncales centralizados frente a soluciones distribuidas. Las opciones que se adopten estarán basadas en la tecnología para construir áreas urbanas densas, que incluyan la evaluación económica del ciclo de vida de las infraestructuras y la disponibilidad de financiamiento de largo plazo (CAF, 2011a).

La protección de las fuentes de agua para las ciudades requiere mirar más allá del sector de servicios de agua de forma aislada. Los mecanismos de control del uso del suelo son críticos para la protección de las cuencas, así como para preservar las áreas de recarga subterráneas y gestionar las actividades forestales y agrícolas que amenazan los cuerpos de agua, pero también la ganadería y la avicultura. Durante años, los gestores de agua, los legisladores y los funcionarios gubernamentales de América Latina han tenido un éxito limitado a la hora de abordar la protección de las cuencas y las cuestiones forestales y agrícolas con un enfoque principalmente de “comando y control”, y, en muchas partes de la región, la contaminación de las fuentes de agua está aumentando.

De hecho, en algunos casos, las políticas de comando y control han tenido consecuencias negativas, causando pérdida de oportunidades económicas en las zonas de las cuencas situadas cerca de ciudades en expansión (Banco Mundial, 1998). La experiencia de ciudades como São Paulo y Caracas muestra que las políticas de comando y control por sí solas no pueden gestionar eficazmente los niveles de contaminación que afectan a las fuentes de agua (Banco Mundial, 2007). Ciudades como Bogotá o Quito –véanse los capítulos 9 y 10, respectivamente– han iniciado experiencias prometedoras de pagos por servicios ambientales relacionados con objetivos de conservación y gestión del suelo que afectan directamente a las fuentes de agua de esas ciudades.

## **Cerrar la brecha de infraestructura para 2030**

Cerrar la brecha de infraestructura de agua en las ciudades de América Latina para el año 2030 puede ser un objetivo realista. Una evaluación reciente de la Corporación Andina de Fomento (CAF, 2011a, p. 13) muestra que inversiones anuales equivalentes al 0,31 por ciento del PIB regional del año 2010 serían suficientes para cerrar la brecha de servicios de agua y alcantarillado, lograr avances significativos para proporcionar y mejorar estos servicios para las personas que viven en los barrios marginales, ampliar la infraestructura de fuentes de agua y drenaje, y tratar dos tercios de las aguas residuales. Como muestra el cuadro 2.1, estas inversiones sumarían un total de 250.000 millones de dólares para el periodo 2010-2030 (en dólares de 2010).

El estudio de CAF estimó para ese mismo año, que la operación de los servicios de agua y saneamiento, equivalen aproximadamente a un 0,5 por ciento del PIB regional (CAF, 2011a). Esta estimación, representa unos 20.000 millones de dólares anuales, y está basada en la información estadística de países con los mejores datos sectoriales en América Latina: Brasil, Chile, Perú y Colombia. Dentro del estimado de inversión de 0,31 por ciento del PIB para cerrar la brecha al 2030, los requerimientos para el abastecimiento de agua, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales fueron estimadas en 0,2 por ciento del PIB anual (2010); estas inversiones incluyen la rehabilitación, la renovación y la expansión de las instalaciones existentes. Las inversiones anuales necesarias para el drenaje urbano, destinadas a alcanzar el 80 por ciento de las áreas urbanas construidas, y la expansión de las fuentes de suministro de agua para casi 100 millones de habitantes urbanos adicionales fueron estimadas en 0,07 por ciento del PIB.

**Cuadro 2.1****Inversiones requeridas y metas para cerrar la brecha de infraestructura de agua en América Latina para 2030**

Servicio	Miles de millones de USD 2010-2030	Miles de millones de USD Promedio	Meta para 2030
Agua potable <sup>a</sup>	45,4	2,27	100% de cobertura
Alcantarillado	79,4	3,97	94% de cobertura
Depuración	33,2	1,66	64% de cobertura
Drenaje	33,6	1,68	85% del área urbana
Fuentes de agua <sup>b</sup>	27,1	1,35	100% de la demanda incremental
Formalización de las conexiones de APyS	30,5	1,52	50% de reducción de la brecha, 20 millones de conexiones
Total	249,2	12,45	

Notas: <sup>a</sup> Expansión, rehabilitación y renovación. <sup>b</sup> Se refiere a nuevas fuentes de agua.  
Fuente: CAF (2011b, p. 28)

Por último, la rehabilitación de las conexiones de agua y alcantarillado en los barrios marginales ha sido estimada en 0,05 por ciento del PIB anual hasta el 2030, con la meta de reducir en al menos un 50 por ciento del déficit de esos servicios para ese año. Durante el mismo periodo, la inversión en soluciones de vivienda asequibles para la población de bajos ingresos requiere de 200.000 millones de dólares adicionales. Estas estimaciones de inversión en agua y vivienda subrayan nuevamente la interconectividad de la planificación y la inversión entre estos dos sectores.

Al mismo tiempo, hay que tomar en cuenta que inversiones mayores y predecibles en infraestructura urbana en América Latina no serán suficiente, por sí mismas, para cerrar la brecha en los servicios de agua para 2030. La mayoría de los países de la región todavía tienen instituciones de gobernanza relativamente débiles y necesitan reformas políticas importantes para mejorar la gestión y eficacia de los servicios de agua. Se ha estimado que el costo oculto que representan la ineficiencia de los servicios de agua y saneamiento en América Latina ascendía a aproximadamente 5.800 millones de dólares en 2010 (CAF, 2011a). Esta estimación se basa en comparaciones normalizadas con servicios eficientes: es decir, aquellos con pérdidas de agua (agua no contabilizada) del 20 por ciento, tasas de colecta comercial del 100 por cien y una productividad laboral de dos empleados por cada 1.000 clientes. Véase también el capítulo 3 para conocer el tema del equilibrio entre tarifas, tributos y transferencias.

Sin embargo, mejorar sustancialmente los servicios de agua potable y saneamiento es posible. América Latina tiene ciudades con empresas públicas de agua comparables a las mejores del mundo: Monterrey (México), Santiago (Chile) y Medellín (Colombia). Además, hay países que han logrado avances ejemplares para mejorar la información, la regulación de las tarifas y la calidad de los servicios, y que rinden cuentas a las comunidades que reciben los servicios (p. ej., Colombia y Chile). Lo que la región necesita, sobre todo, es alcanzar un consenso social sobre la visión a largo plazo para sus ciudades –cuál es el nivel de calidad de los servicios de agua que pueden ofrecerse de manera realista y razonable a todos, pero, en particular, al 25 por ciento de habitantes urbanos latinoamericanos que viven en barrios marginales.



## Conclusiones

Este capítulo se ha centrado en tres mensajes clave: la integración, el crecimiento y las reformas. Si bien los servicios de agua urbanos necesitan integrar todos los componentes del ciclo urbano del agua, es igualmente importante que los planteamientos para resolver los problemas de agua urbana en América Latina trasciendan otros sectores como son el uso del suelo, el transporte, la gestión del medio ambiente, la vivienda, la recolección y disposición de residuos sólidos, entre otros. Con relación al crecimiento, América Latina se encuentra en un importante momento histórico desde una perspectiva económica y social. Esta coyuntura debería permitir cerrar la brecha en los servicios de infraestructura urbana para 2030 y proporcionar acceso universal a servicios de agua. Por último, para aprovechar plenamente los objetivos incluidos en los dos primeros mensajes, se necesitan reformas significativas para mejorar las políticas y las instituciones, lo que llevará a una gobernanza más fuerte y una mayor rendición de cuentas social.

Para avanzar con una agenda regional para el año 2030, con servicios de agua equitativos, económicamente viables y sostenibles para las ciudades de América Latina se necesitará que las ciudades adopten diseños y procesos de toma de decisiones colaborativos, para que el ciclo del agua y el medio ambiente urbano sean percibidos como un sistema holístico. De este modo, los marcos de inversión podrán ser elaborados valorando la sostenibilidad. Con este enfoque se pueden lograr sinergias sostenidas, coordinando y alineando las acciones de las partes interesadas clave y permitir a las ciudades obtener los beneficios de la integración mediante la planificación, el diseño y la gestión de todo el sistema urbano. Esta perspectiva reconoce el valor de los activos de capital (social, natural y de ingeniería) e incorpora una evaluación del riesgo más completa, tanto en el diseño de las políticas como en la toma de decisiones. Por último, se necesita no solo una revisión sin sesgos de las opciones tecnológicas, sino también promover tecnologías de agua innovadoras para responder a las demandas futuras de agua urbana en América Latina.

También se necesita incorporar la perspectiva del crecimiento verde e inclusivo en la planificación hídrica, tal y como fue adoptado por las instituciones internacionales en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible celebrada en Río de Janeiro (Río +20) en 2012, (véase el capítulo 13 de este libro). Lo “verde e inclusivo” reconoce que los caminos adoptados en el mundo para el crecimiento económico no son sostenibles, pese a la reducción significativa de la pobreza en los últimos 20 años. El hecho de que no se asimilen los costos ambientales está claramente comprometiendo el avance económico y social actual. Los principios centrales de lo “verde e inclusivo” no son originales: consisten en el crecimiento económico y la disminución de la pobreza, reduciendo al mismo tiempo los costosos e irreversibles daños al medio ambiente.

Sin embargo, la cuestión crucial del vínculo agua, desarrollo y medio ambiente sigue siendo ¿cómo pueden cambiar las ciudades de América Latina la estrategia de “crecer ahora y limpiar después”? Esta pregunta es especialmente relevante en lo que respecta al cambio climático y la distribución equitativa de los daños causados por sus consecuencias. Los países ricos han contaminado la atmósfera durante más de un siglo, pero las consecuencias de ello son mundiales y se distribuyen desigualmente entre países ricos y pobres. El dilema de cómo separar el crecimiento del deterioro ambiental infelizmente persiste.

Finalmente, las soluciones sostenibles y completas a los temas del agua urbana deben centrarse en los conceptos básicos dirigidos a expandir el desarrollo humano y eliminar la pobreza. El debate sobre sostenibilidad y desarrollo humano económico y social es crucial para las ciudades latinoamericanas de hoy y de mañana. Cómo

avanzar la condición humana mediante el suministro de servicios de agua de tal manera que se garantice su disponibilidad para futuras generaciones plantea un desafío realmente importante para las áreas urbanas en crecimiento de América Latina. Ya existen algunas soluciones a estos desafíos –pero necesitarán cambios en la economía, la gobernanza y el uso de agua en las ciudades latinoamericanas– y hará falta encontrar otras.

## Referencias

- Banco Mundial (1998). Brazil. *Managing Pollution Problems. The Brown Environmental Agenda*, Banco Mundial, Washington, D.C.
- Banco Mundial (2007). *Water Quality and Pollution Control Project. Project Performance Assessment Report*, Banco Mundial, Washington, D.C.
- Banco Mundial (2009). *Reshaping Economic Geography*, Banco Mundial, Washington, D.C.
- Banco Mundial (2011). *Population Aging. Is Latin America Ready?* Banco Mundial, Washington, D.C. Bettencourt, L. M., Lobo, J., Herbing, D., Kühnert, C., y West, G. B. (2007). Growth, innovation, scaling, and the pace of life in cities. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 7301–7306.
- BID (1999). *Can Privatization Deliver? Infrastructure For Latin America*, BID, Washington, D.C.
- BID (Banco Interamericano de Desarrollo) (2001). *Investing in Water Quality*, BID, Washington, D.C.
- CAF (Corporación Andina de Fomento) (2011a). *Diagnóstico estratégico para una agenda prioritaria: agua potable y saneamiento*, Caracas, CAF.
- CAF (2011b). *La infraestructura en el desarrollo integral de América Latina. Diagnóstico estratégico y propuestas para una agenda prioritaria*, Caracas, CAF.
- CAF (2013). *Equidad e inclusión social en América Latina: acceso universal al agua y saneamiento*, Caracas, CAF.
- GRTB (Grupo Regional de Trabajo de Benchmarking) (2011). *Informe Anual 2010*, ADERASA.
- Harberg, R. J. (1997). *Planning and Managing Reliable Urban Water Systems*, American Water Works Association (AWWA), Denver.
- Mays, L. W. (2000). *Water Distribution Systems Handbook*, McGraw Hill, Nueva York.
- McKinsey Global Institute (2011). *Building Globally Competitive Cities: The Key to Latin America Growth*, McKinsey, São Paulo.
- Shlomo, A., Shppard, S. C. y Daniel, L. C. (2005). *The Dynamics of Global Urban Expansion*, Banco Mundial, Washington, D.C.
- Tucci, C. E. y Bertoni, J. C. (2003). *Inundações urbanas na América do Sul*. ABRH, Porto Alegre.
- ONU-HÁBITAT (2003). *The Challenge of Slums*, ONU-HÁBITAT, Nairobi.
- ONU-HÁBITAT (2009). *Global Report on Human Settlement*, Earthscan, London.

### 3 Desafíos y opciones de política pública para financiar el agua y el saneamiento urbanos

*Anthony Cox y Peter Börkey*

#### Introducción

Los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento urbanos proporcionan beneficios sustanciales para la salud humana, la economía y el medio ambiente; por tanto, asegurar el adecuado financiamiento de estos servicios es una cuestión de política pública fundamental para los países en todo el mundo.<sup>1</sup> Se necesitan recursos financieros significativos para invertir en infraestructura de agua y saneamiento, y para operar y mantener esta infraestructura, lo que incluye ampliar su cobertura y mejorar la entrega de servicios a fin de responder a las crecientes expectativas sociales y ambientales. En 2006, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) estimó que el costo anual en capital para mantener y desarrollar la infraestructura de suministro de agua y saneamiento (SAS) en los países de la OCDE y de los denominados BRIC<sup>2</sup> podría ascender hasta 1,037 mil millones de dólares para 2030 (OCDE, 2006). Esto es mucho más que las estimaciones comparables que se han hecho para infraestructura carretera (292.000 millones de dólares anuales para 2030) y para transmisión y distribución de electricidad (aproximadamente 241.000 millones de dólares anuales para 2030).

En 2008, cuando se estaba a medio camino de la fecha para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), se estimaba en unos 180.000 millones de dólares anuales la inversión necesaria para alcanzar las metas de los ODM relativas al acceso a agua y saneamiento en los países en desarrollo (Hutton y Bartram, 2008). En el caso de América Latina, se calculaba que para lograr los ODM, se necesitaba una inversión de 18.000 millones de dólares y que, si se quería alcanzar una cobertura universal en agua y saneamiento en la región, sería preciso una inversión de más de 46.000 millones de dólares anuales (BID, 2010). Cabe destacar que ninguna de estas estimaciones incluía el costo de operación y mantenimiento de la infraestructura nueva y existente.

La mayoría de los sistemas de agua urbanos, incluidos los existentes en América Latina, están constantemente subfinanciados y luchan para garantizar la disponibilidad de recursos financieros adecuados para cubrir las necesidades de inversión, operación y mantenimiento. Esto se ha convertido en un desafío incluso mayor tras la crisis financiera mundial de 2008-2009 y como resultado de los paquetes de consolidación fiscal nacional, que han afectado dramáticamente las finanzas de los gobiernos subnacionales, incluidos los de las ciudades. La disminución de las transferencias

desde los gobiernos centrales, unidos al deterioro de las condiciones de préstamos, han limitado seriamente la capacidad que tienen los gobiernos subnacionales para emprender inversiones públicas; muchos de ellos están simplemente intentando preservar su gasto actual en bienestar, salud y educación (Vammalle y Hulbert, 2013).

La falta de lo que se puede calificar como ‘financiamiento sostenible’ para SAS tiene consecuencias importantes para los usuarios de servicios de agua y saneamiento, especialmente para las personas más pobres en las áreas urbanas del mundo, y América Latina no es una excepción. El acceso a agua potable limpia y a saneamiento reduce los riesgos de enfermedad y deja más tiempo para actividades educativas o productivas, incrementando así la productividad de la fuerza laboral. La recolección y disposición segura de las aguas residuales ayuda a mejorar la calidad del agua superficial, lo que conlleva beneficios para el medio ambiente (tales como un ecosistema más sano y una mayor biodiversidad); también beneficia a los sectores económicos que dependen del agua como recurso (la pesca, la agricultura, el turismo y la industria dependiente del agua). La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha estimado que cumplir los ODM sobre agua y saneamiento en los países en desarrollo podría generar una relación entre beneficios y costos de 7 a 1. Tres cuartos de los beneficios vendrían de la ganancia en productividad, mientras que el resto estaría generado por la reducción de la incidencia de enfermedades relacionadas con el agua, como la diarrea, la malaria o el dengue (Haller et al., 2007).

Este capítulo examina minuciosamente los desafíos y las opciones de política pública para financiar los servicios urbanos de agua y saneamiento –desafíos que son universales y que son particularmente pertinentes para América Latina como la región más urbanizada del mundo. Los desafíos, en especial, requieren que los Gobiernos tomen medidas para “cerrar la brecha financiera” entre los costos de inversión, operación y mantenimiento de la infraestructura de agua, por un lado, y el flujo de ingresos provenientes de diferentes fuentes, por otro lado. Allí donde no sea posible cerrar la brecha, los Gobiernos necesitan utilizar una amplia gama de mecanismos financieros para reducir el déficit de financiación. El sector privado tiene potencialmente un importante papel que desempeñar ante el desafío del financiamiento de los SAS; las experiencias adquiridas proporcionan lecciones valiosas de cómo mejorar la sostenibilidad financiera.

## **Cerrar la brecha del financiamiento**

Cerrar la brecha financiera requiere que los países movilicen fondos de una variedad de fuentes. Puede incluir la reducción de costos mediante el aumento de la eficiencia u optar por servicios más baratos, aumentar las fuentes básicas de financiamiento que pueden cerrar la brecha –p. ej., las tarifas, los tributos y las transferencias (comúnmente conocido como las 3T)– y movilizar financiamiento reembolsable, incluyendo financiamiento del mercado o de fuentes públicas. La figura 3.1 muestra estas fuentes potenciales. Es importante observar que para cerrar la brecha financiera es necesario que, en la ecuación para el financiamiento sostenible, los Gobiernos hagan esfuerzos tanto del ‘lado de la demanda’ como del ‘lado de la oferta’; en este apartado del capítulo se examinan estas dos dimensiones del desafío del financiamiento.

### ***Cerrar la brecha mejorando la eficiencia de las operaciones***

Del lado de la demanda, los costos del suministro de SAS pueden reducirse mejorando la eficiencia de las operaciones –una manera fundamental de generar recursos financieros y de ahorrar recursos físicos, particularmente en áreas con escasez de agua. Una mejor planificación de las inversiones puede también producir

ahorros importantes y definir mejor programas de inversión realistas que, por ejemplo, tengan opciones de inversión más baratas y más apropiadas desde el punto de vista local, o que adapten los niveles de servicios a las condiciones y las estrategias de desarrollo locales.

Las ineficiencias son responsables de pérdidas significativas de fondos en el sector de SAS. Las ineficiencias operativas pueden incluir una escasa recaudación de ingresos, pérdidas en la distribución (o agua no facturada [ANF]), ineficiencias laborales y corrupción, grande o pequeña. Reducir el ANF, por ejemplo, puede disminuir de manera significativa los costos de operación al ahorrar en costos de tratamiento y transporte, así como la cantidad de agua usada realmente, que, por tanto, queda disponible para otros usos. Las ineficiencias acumuladas y el aplazamiento del mantenimiento también tienen como consecuencia costos más altos, sobre todo con el paso del tiempo. Se pueden reducir las ineficiencias operativas en el sector de SAS de diferentes formas: aumentando los precios a los usuarios para que se acerquen a los niveles de recuperación de costos a fin de ofrecer señales de precios más eficientes y ayudar a captar los ingresos perdidos; reduciendo las ineficiencias operativas de los servicios para evitar el desperdicio de recursos significativos, apoyar a las empresas más sanas y mejorar la calidad de los servicios; y mejorando la planificación presupuestaria y el trabajo de ejecución.

Igualmente, hay muchas formas potenciales de mejorar la eficiencia en el sector de SAS. Se pueden introducir incentivos a la mejora de la eficiencia con diferentes herramientas, como la regulación de los precios, la asignación de riesgos y beneficios, la convocatoria de licitaciones públicas, las sanciones y la comparación de indicadores. Como un primer paso, se pueden usar herramientas comparativas, como la Red Internacional de Comparaciones para Empresas de Agua y Saneamiento (IBNET, por sus siglas en inglés), para contrastar el desempeño de varias empresas y determinar áreas de ineficiencia potencial en determinados sistemas. Un ejemplo de evaluación comparativa es el de Inglaterra y Gales, donde las compañías de agua y saneamiento proporcionan a Ofwat, el regulador económico para el sector del agua, indicadores de desempeño del servicio que cubren los aspectos de abastecimiento de agua, servicios de alcantarillado, atención al cliente e impacto ambiental, que el organismo publica anualmente.

La elección de materiales y tecnología también puede hacer una importante diferencia en términos de costos de SAS. En los países de la OCDE y otros lugares, los regímenes normativos existentes a veces influyen de forma inesperada en la selección de las opciones financieras para SAS, lo que está relacionado con el conjunto de incentivos que esas opciones de inversión parecen preferir. Mientras que un régimen regulatorio basado en la tasa de rentabilidad puede suponer un aliciente para seleccionar opciones de costos más altos a fin de obtener un mayor retorno –lo que, a veces, se denomina, sobrerregulación– los regímenes normativos basados en los incentivos, como el de precios máximos, introduce estímulos para invertir a menor costo.

En muchos países en desarrollo y de América Latina, se puede disponer de opciones diferentes para ofrecer SAS mejorados dentro de una gama determinada de costos mediante lo que comúnmente se denomina 'Escalera de servicios'. Por ejemplo, Hutton y Bartram (2008) demostraron que, en América Latina, el costo per cápita de una conexión domiciliar es tres veces mayor que la de un grifo público. Según sus estimaciones, el costo total a nivel global que tendría alcanzar los ODM en agua y saneamiento podría bajar de 327.000 millones de dólares a 135.000 millones de dólares si se pasara de la tecnología más avanzada a opciones tecnológicas menos avanzadas; eso equivale a un ahorro de 190.000 millones de dólares en todo el mundo. No está claro lo que ese estudio implica para el logro de los ODM en América

Latina después de 2015 y su costo significativamente menor. Los costos de inversión también se pueden reducir bajando los estándares de servicio a niveles que el país o la ciudad se puedan permitir: por ejemplo, muchos países en desarrollo han adoptado estándares de países desarrollados sin adaptarlos a su propia situación, lo que, a veces, ha resultado en altos e innecesarios costos de inversión en infraestructura para SAS.

### ***Cerrar la brecha con tarifas, tributos y transferencias, las 3T***

Del lado de la oferta, se pueden movilizar ingresos mediante las 3T (las tarifas, los tributos y las transferencias de la asistencia extranjera al desarrollo y las donaciones filantrópicas) o de fuentes reembolsables, insistiendo en que se invierta en SAS, mejorando la distribución de los recursos y reduciendo el riesgo para atraer a inversores privados. Lograr un equilibrio adecuado entre esas fuentes de ingresos requiere que los Gobiernos, a todos los niveles, lleven a cabo una planificación financiera estratégica para evaluar el potencial que tienen de movilizar fondos de cada fuente de ingresos, incluidos los ingresos del lado de la demanda.

Actualmente, se reconoce que las 3T son la principal fuente de financiamiento para los servicios de agua y saneamiento, especialmente las transferencias, que son de particular importancia en los países en desarrollo (OCDE, 2009a). Se pueden utilizar las 3T para atraer, y eventualmente reembolsar o compensar, otras fuentes de financiamiento, principalmente préstamos, bonos y acciones. La mayoría de los países han utilizado las transferencias públicas (ya fueran de su propio gobierno o de fuentes externas) para financiar el desarrollo de SAS, particularmente gastos en bienes de capital. A medida que los países se desarrollan y urbanizan, y que maduran los SAS, la tendencia es a un mayor uso de la financiación comercial pagada con el creciente flujo de caja procedente de las cargas a los usuarios –el componente de la tarifa en las 3T (figura 3.1).

#### ***Las tarifas***

La sensatez económica convencional exige establecer tarifas por SAS a niveles que permitan una total recuperación de los costos. Sin embargo, muy pocos proveedores de servicios de agua y saneamiento, ya sea en países desarrollados o en desarrollo, y eso incluye a toda América Latina, recuperan totalmente los costos mediante las tarifas. Esto es cierto incluso cuando en la ecuación solo entran los costos de capital, operaciones y mantenimiento; es aún más difícil intentar recuperar los costos sociales y ambientales a través de las tarifas. El concepto de recuperación sostenible de costos se ha convertido en un concepto central en el establecimiento de las tarifas y está basado en la aplicación simultánea de tres principios:

1. Una mezcla adecuada de las 3T para financiar costos recurrentes y de capital y atraer otras formas de financiamiento al margen de las tarifas.
2. La previsibilidad de los subsidios públicos para facilitar la planificación de la inversión.
3. Una política tarifaria que haga que los SAS sean asequibles para todos, incluidos los más pobres, al tiempo que aseguran la sostenibilidad financiera de los proveedores de los servicios (OCDE, 2009a).



Las tarifas que cubren los costos son mucho menos frecuentes en los países en desarrollo. Los cargos por servicios de SAS en estos países han aumentado en las últimas décadas desde niveles inusualmente bajos (OCDE, 2010a). Algunos países en América Latina tienen ahora tarifas por encima de 1 USD/m<sup>3</sup>. No obstante, en la mayoría de los casos las tarifas proporcionan pocos incentivos para usar el agua de manera eficiente y no cubren los costos. Si bien los costos de operación no siempre están cubiertos, los gastos de capital para grandes inversiones son financiados casi siempre mediante fondos públicos, ya sean provenientes de impuestos estatales o de transferencias internacionales.

La experiencia en América Latina varía considerablemente. Países como Chile y Brasil tienen niveles de recuperación de costos relativamente altos y, como resultado, pueden confiar hasta cierto punto en el financiamiento con créditos comerciales para sus empresas. En otros países de la región los niveles de recuperación de costos son bajos y las empresas de SAS dependen de las transferencias de los gobiernos centrales para financiar los gastos de capital y a veces los costos operacionales. En Colombia, por ejemplo, las municipalidades tienen legalmente derecho a recibir transferencias del gobierno central, calculadas mediante una fórmula que se basa en sus costos y niveles de pobreza.

En casi todos los países de América Latina, generar ingresos adicionales mediante una reforma de las tarifas (incluidos cambios en los niveles de precios y las estructuras tarifarias) requiere tener en cuenta las limitaciones de asequibilidad que tienen los pobres, especialmente en las áreas urbanas en expansión de la región. Se puede buscar el equilibrio entre la sostenibilidad financiera de los SAS y la asequibilidad mediante un cuidadoso diseño de las tarifas. La asequibilidad puede valorarse a dos niveles: el de la sociedad en general y el de los grupos más vulnerables (denominada microasequibilidad). Algunos países han adoptado tarifas que crecen por bloques, con un primer escalón de 'subsistencia', que contempla un precio cero o extremadamente bajo, permitiendo, por tanto, que los hogares pobres tengan acceso a un nivel básico de servicios de agua gratuitamente o a bajo costo. Este enfoque permite recuperar costos, proporcionando subsidios cruzados gracias a los pagos de los usuarios que más usan agua o más ricos, mientras que ofrece un incentivo para ahorrar agua al cobrar más a quienes más consumen –un enfoque de tarifas crecientes por bloques.

Sin embargo, la experiencia actual ha mostrado que las tarifas por bloques crecientes pueden ser negativas en países con redes incompletas, en las que los pobres generalmente no están conectados a los sistemas de SAS y, por tanto, no se benefician de un subsidio por suscripción o consumo. Además de modificar las estructuras tarifarias, otras soluciones al problema de la asequibilidad de los SAS son proporcionar ayuda económica para compensar a los hogares pobres por los incrementos en los precios de los servicios de interés público vital y establecer sistemas de pago para ayudar a los pobres a gestionar mejor sus presupuestos, por ejemplo, pagando las facturas de SAS a intervalos cortos.

### *Tributos*

En toda América Latina, las asignaciones de los presupuestos públicos siguen representando una importante porción de los ingresos del sector de SAS y probablemente desempeñarán un importante papel en un futuro próximo. Se puede justificar la asignación de fondos públicos al SAS de diferentes maneras, entre ellas, la promoción del consumo de bienes fundamentales (tales como el saneamiento y la higiene en el hogar, de cuyo valor los consumidores pueden no ser totalmente conscientes), o para compensar las deficiencias del mercado, premiando a los proveedores de SAS por suministrar 'bienes públicos', tales como la salud y las



fuentes de agua no contaminada. Los fondos públicos pueden ser usados también para permitir a los proveedores de servicios ofrecer a los grupos de consumidores vulnerables servicios a tarifas que estén por debajo del costo.

Para ser eficientes y eficaces, los subsidios fiscales deberían ser transparentes, focalizados, e idealmente disminuir con el tiempo. La forma de subsidio más generalizada es el subsidio del gasto en capital proporcionado en forma de donaciones, de préstamos a precios por debajo del mercado o de garantías. En los países de la OCDE, por ejemplo, la mayoría de las fuertes inversiones iniciales realizadas a finales del siglo XIX y principios del XX (para suministro de agua y saneamiento) y desde la década de 1960 (para el tratamiento de agua), fueron financiadas con fondos públicos. Cuando las empresas de SAS son propiedad de las municipalidades, los presupuestos de los gobiernos locales no son, con frecuencia, suficientes para afrontar gastos de capital significativos en SAS, y, por tanto, se benefician considerablemente de las transferencias de los gobiernos centrales.

Este es, sin duda, el caso de América Latina, donde las municipalidades a menudo luchan por obtener una financiación adecuada a través de las tarifas. En consecuencia, el Gobierno central otorga a los proveedores municipales de SAS ayudas para la infraestructura municipal a fin de que afronten los atrasos y necesidades de inversión en capital. Es crucial que esas transferencias se hagan de manera que aseguren una contribución efectiva a la financiación sostenible a largo plazo del sector de SAS. El objetivo de las transferencias intergubernamentales debería ser siempre generar ingresos estables que puedan ser integrados en las estrategias financieras de medio plazo de los gobiernos locales y las transferencias deberían limitarse en el tiempo –hasta el logro de metas predeterminadas. Desafortunadamente, la experiencia en los países latinoamericanos ha sido, por lo general, la de transferencias intergubernamentales sin planificación adecuada –muchas empresas de SAS municipales de América Latina simplemente reciben transferencias fiscales que varían cada año y sin condiciones ni metas– haciendo difícil aumentar la cobertura y mejorar la calidad del servicio.

La crisis financiera mundial de finales de la década de 2000 ha demostrado la desventaja potencial de apoyarse demasiado en las transferencias fiscales para invertir en infraestructura de agua. Esto es particularmente significativo, porque en tiempos de crisis hay muchas demandas que compiten para obtener fondos públicos. Un endeudamiento público sustancial probablemente exacerbará la presión sobre los prestatarios no soberanos –las ciudades y otros– mediante un efecto de exclusión, haciendo más difícil que puedan tomar préstamos a tasas aceptables. Además, durante la reciente convulsión económica, hay quienes estuvieron tentados a cortar las inversiones en agua y saneamiento y reasignar esos recursos a otros sectores, con impactos dañinos potenciales de largo plazo para la provisión de SAS. Por otra parte, no obstante, varios Gobiernos respondieron a la crisis financiera anunciando paquetes de estímulo importantes, lo que benefició hasta cierto punto al sector de SAS.

### *Transferencias*

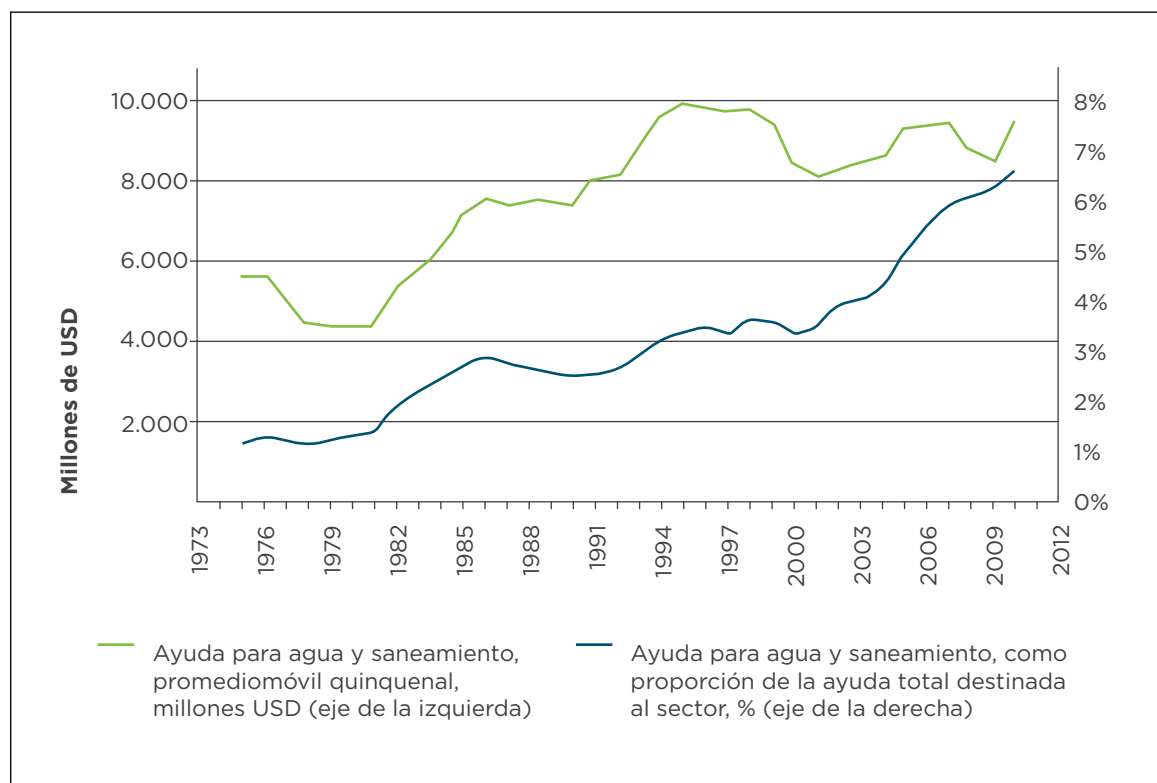
Las transferencias internacionales en forma de asistencia oficial al desarrollo (AOD)<sup>3</sup> y las donaciones filantrópicas a menudo suelen influir en el cierre de la brecha de financiación en los países con economías en transición y en desarrollo. En algunos de países, la AOD subsidia la mayoría de las inversiones, en otros desempeña un papel más marginal y en otros no tiene papel alguno. La AOD tiene un importante papel que desempeñar como fuente de financiamiento y de desarrollo de capacidades para la provisión y la financiación de servicios de SAS. También puede tener un

efecto catalizador al reducir los cuellos de botella (especialmente las limitaciones de capacidad en las áreas urbanas), asegurar a los pobres el acceso a los servicios y armonizar y alinear la asistencia con las estrategias nacionales.

Después de un declive temporal en la década de 1990, la ayuda para agua y saneamiento aumentó claramente a partir del año 2001. En 2010-2011, los compromisos de ayuda promedio anual para agua y saneamiento sumaron 7.600 millones de dólares, lo que representaba aproximadamente 6 por ciento de la ayuda total asignable al sector, como muestra la figura 3.2. Los países más pobres –los países menos desarrollados y de más bajos ingresos– recibieron el 33 por ciento de la ayuda total para el sector de SAS. Aproximadamente el 19 por ciento de la ayuda total fue destinada a las actividades de suministro de agua, 18 por ciento al saneamiento, 42 por ciento a actividades combinadas de agua y saneamiento y el 21 por ciento restante al desarrollo de capacidad –educación y apoyo presupuestario general.

Tras la crisis financiera mundial, parece probable que las transferencias, en forma de préstamos blandos más que de donaciones, se conviertan en la forma preferible de AOD, toda vez que las finanzas públicas sufren crecientes presiones. Esto subraya la necesidad de que los recursos de la AOD se gasten estratégicamente, de manera que se maximice su capacidad de movilización y su efectividad. Entre las áreas en las que la AOD puede tener un efecto catalizador están la de reducir los cuellos de botella en el sector de SAS, apoyar el proceso de planificación financiera, asegurar el acceso a servicios para los pobres y apoyar el desarrollo y el uso de mecanismos de gestión de riesgos que contribuyan a atraer financiamiento privado, en particular el financiamiento privado local.

**Figura 3.2**  
**Tendencias de la ayuda para agua y saneamiento**



Fuente: Adaptado de OCDE-CAD (2013, gráfico 1)

## **Cerrando la brecha financiera**

Si bien los ingresos de las 3T pueden cerrar la brecha financiera de los proveedores de SAS, a menudo es necesario disponer de financiamiento reembolsable para reducir la brecha financiera a corto y medio plazo cuando los ingresos de las 3T son insuficientes para cubrir todo el abanico de costos de la entrega de servicios de SAS. Los proveedores de SAS con frecuencia recurren a financiamiento reembolsable para financiar los costos de capital asociados con las reparaciones, las renovaciones o la ampliación de sistemas de agua y saneamiento, mientras que los costos de explotación y mantenimiento ordinario en curso suelen ser financiados con una combinación de las 3T. Dado que el financiamiento reembolsable requiere pagos en forma de intereses o dividendos, para los proveedores de SAS puede ser un desafío acceder a los mercados de capital y generar también el apropiado nivel de retorno de sus operaciones para pagar los fondos tomados en préstamo.

El financiamiento reembolsable basado en el mercado se refiere a un subconjunto del financiamiento reembolsable en el que actores privados obtienen la financiación a través del mercado. Entre las fuentes de financiamiento reembolsable basado en el mercado están: la financiación de deuda (préstamos de bancos comerciales, bonos emitidos mediante los mercados de capital, financiamiento de proyectos) y la financiación de acciones (desde el mercado de capital o por fondos de capital privados). El financiamiento de deuda ha sido la espina dorsal de la mayoría de las inversiones en infraestructura en los países desarrollados. Se ha dado en forma de bonos o préstamos, dependiendo del desarrollo de los mercados de bonos locales y el tamaño del deudor. En los países en desarrollo, los proveedores de SAS pueden utilizar préstamos bancarios para financiar inversiones en capital (aunque generalmente son préstamos blandos de instituciones para el desarrollo). El uso de otras formas de financiamiento, tales como la financiación con bonos, de proyectos o con acciones, ha sido hasta ahora limitado en los países en desarrollo, pero estas formas están surgiendo gradualmente como una manera de complementar otros métodos de financiamiento de la infraestructura de SAS y pueden muy bien desempeñar un importante papel en el desarrollo futuro de América Latina.

### ***Financiamiento de deuda***

#### ***Préstamos bancarios***

Los préstamos comerciales a corto y medio plazo son comunes para financiar las necesidades de capital de trabajo de los proveedores de SAS, tanto en los países desarrollados como en los países en desarrollo. Facilidades de préstamo a corto y medio plazo pueden también ser necesarias para financiar las inversiones en países donde es difícil obtener financiamiento bancario a largo plazo que se ajuste a la larga vida de los activos a los que están destinadas las inversiones en SAS, puesto que los bancos comerciales no pueden o no desean prestar para periodos tan largos. En los países en desarrollo, los bancos comerciales normalmente no están familiarizados con el sector de SAS y, a menudo, lo perciben como un sector de alto riesgo debido a las dificultades de aumentar las tarifas, la gestión ineficiente y la corrupción. Los ingresos de la empresa de agua pueden no ser suficientes para reembolsar los préstamos. Más aún, los ingresos pueden no ser suficientes para cubrir los costos de financiamiento basado en los mercados, un problema que limita la capacidad que tienen los proveedores de SAS de tomar préstamos. Por último, ciertos tipos de proveedores de SAS, tales como los locales o de pequeña escala, pueden no tener acceso alguno a la financiación bancaria tradicional, aunque pueden tener la opción de acceder al crédito mediante instituciones micro financieras.

La crisis financiera mundial a finales de la década de 2000 hizo más difícil la situación al llevar a un incremento dramático el costo de la deuda comercial y a una reducción de la disponibilidad de financiamiento con deuda en general, especialmente la deuda de largo plazo; en esencia, hubo una contracción severa de los préstamos bancarios. La crisis también afectó la capacidad de endeudamiento de los Estados soberanos y redujo el valor de las garantías soberanas en algunos casos. Las instituciones microfinancieras también sufrieron por esta situación y pueden estar ahora menos deseosas de diversificarse en SAS y alejarse de los mercados y actividades que tradicionalmente generaban sus ingresos. En efecto, las instituciones microfinancieras de muchos países en desarrollo, incluidos los de América Latina, no parecen estar ofreciendo micropréstamos o financiamiento para SAS. Los bancos de desarrollo nacionales –si existen y donde existen– tienden a centrarse más en los proyectos grandes de SAS que en los pequeños. Como consecuencia, las ciudades mayores, más ricas y con mayor calidad crediticia pueden normalmente obtener financiamiento bancario, mientras que se desatienden las ciudades más pequeñas y las áreas rurales.

### *Financiamiento con bonos*

En los países desarrollados, se considera que el sector de SAS tienen un perfil de riesgo bajo que hace que sea idóneo para el mercado de deuda. El financiamiento mediante bonos es común en los mercados desarrollados puesto que a menudo ofrece un acceso más barato al financiamiento con deuda que los préstamos. Los tipos de bonos emitidos pueden incluir bonos empresariales, bonos soberanos o bonos municipales, dependiendo de la estructura y propiedad del sector agua. Por ejemplo, en Reino Unido, el mercado de SAS está dominado por grandes compañías privadas de agua y saneamiento que emiten bonos de empresas.

En los Estados Unidos de América, las compañías de agua son a menudo empresas más pequeñas de propiedad municipal; el mercado de bonos municipal ha constituido una fuente importante para el financiamiento de las inversiones de agua y saneamiento. Sin embargo, la crisis financiera global de finales de la década de 2000 ha afectado en cierto modo al mercado de bonos municipal para SAS al surgir dudas sobre la credibilidad de las agencias de calificación crediticia y desaparecer varias compañías de seguros ‘monolínea’, acostumbradas a ampliar la calificación de prestatarios municipales a cambio de una prima de seguros. Como consecuencia de ello, los bonos municipales han perdido de cierta forma su atractivo para los inversores, haciendo que para las municipalidades sea un poco más difícil reunir fondos. En la mayoría de los mercados menos desarrollados, los bonos municipales no estaban disponibles ni siquiera antes de la crisis financiera mundial debido a una baja solvencia crediticia, la falta de transparencia y otros problemas inherentes a esos mercados.

### *Financiamiento de proyectos*

El financiamiento de proyectos es el financiamiento de infraestructura a largo plazo mediante ‘entidades ad hoc’ creadas exclusivamente para el proyecto, que pueden ser financiados con deuda y con fondos propios. Un esquema de financiamiento para un proyecto generalmente involucra a diversos inversores, conocidos como patrocinadores, y un consorcio de bancos que proporcionan préstamos para la operación. La factibilidad de esquemas para la financiación de proyectos se ha visto gravemente afectada después de la crisis financiera mundial de finales de la década de 2000, especialmente en países considerados de riesgo. Las estructuras

de financiamiento de nuevos proyectos probablemente necesitarán la cooperación de bancos con garantías soberanas y frecuentemente requerirán créditos puente con condiciones menos favorables.

### **Financiamiento con acciones**

La obtención de capital propio puede ser una buena forma de financiar inversiones a largo plazo en los sistemas de SAS, puesto que las acciones son una fuente de financiamiento sin plazo para el reembolso. Los accionistas generalmente están interesados en conservar sus participaciones a largo plazo para beneficiarse de futuros dividendos y de cualquier incremento potencial del valor de sus acciones. Las acciones pueden ser utilizadas también como aval para obtener otras formas de financiamiento privado, más que como una forma de financiar directamente inversiones de capital de largo plazo. Sin embargo, el uso del mercado de valores privado generalmente resulta en costos de financiamiento más elevados que el costo del financiamiento de deuda. Las acciones, o bien están listadas en la bolsa de valores, o bien son propiedad privada de los fundadores y gestores de la compañía o de inversores institucionales.

Las acciones de algunas compañías de agua latinoamericanas son cotizadas en la bolsa de valores, como la Compañía de Saneamiento Básico del Estado de São Paulo (SABESP) en Brasil. Sin embargo, una limitación clave que pesa sobre la capacidad de obtener capital en los mercados de acciones es el diferente grado de desarrollo de los mercados de capitales locales. Tras la crisis financiera mundial de finales de la década de 2000, la financiación con acciones ha sido más difícil de obtener ya que las primas de riesgo para la renta variable (el retorno esperado que los inversores bursátiles esperan en comparación con inversiones sin riesgo) han aumentado en todo el mundo, incluida América Latina.

A menudo, los potenciales proveedores de financiamiento reembolsable basado en el mercado –los bancos, los inversores institucionales, los fondos de inversión privados, los inversores bursátiles, los patrocinadores de proyectos– perciben el sector de SAS como un sector de alto riesgo y bajo retorno. Esta percepción se da a pesar de que sus características económicas fundamentales, con una demanda de servicios relativamente estable y casi a prueba de recesiones, y el hecho de ser activos enterrados de larga duración deberían más bien colocarlo en la categoría de inversión de bajo riesgo y retorno bajo y constante. La reputación de alto riesgo del sector de SAS está frecuentemente ligada a las dificultades para aumentar las tarifas a fin de cubrir los costos, a la percepción de las limitaciones de asequibilidad o a problemas de orden político. Como consecuencia de lo anterior, muchos proveedores de SAS, incluidos los de América Latina, se encuentran constantemente en situaciones financieras difíciles, con balances financieros subcapitalizados que les impiden tener capacidad para financiarse por sí mismos. A falta de una capacidad de reembolso o de un historial de préstamos anteriores en el sector de SAS, es poco probable que la mayoría de los bancos comerciales otorguen préstamos a los proveedores de SAS, un sector percibido de alguna forma como de riesgo crediticio.

Además, los mercados financieros locales pueden no ser capaces de ofrecer préstamos estables de largo plazo con tipos de interés atractivos para las empresas de agua locales, que tienden a ser de tamaño pequeño o medio. Algunas veces hay una discrepancia entre las inversiones necesarias en el sector del agua a largo plazo –para que coincidan con la vida útil de los activos– y las capacidades de préstamo a corto plazo de los mercados locales: esto se denomina desajuste del mercado. Según Kariuki y Schwartz (2005), los operadores de SAS informales, en promedio, dan servicio al 50 por ciento de la población de los países en desarrollo y tienen dificultades para acceder a créditos del sector bancario convencional. Más todavía,

en muchos países la descentralización de los servicios de agua y saneamiento ha transferido las grandes necesidades de inversión a los gobiernos locales y a las empresas de agua. Sin embargo, la disponibilidad de fondos a nivel local es limitada: la solvencia de los gobiernos locales tiende a ser baja, lo que dificulta recaudar fondos en los mercados internacionales, y la pequeña escala de los servicios de muchas empresas puede resultar en costos de transacción demasiado elevados para hacer viable un financiamiento basado en el mercado. En efecto, América Latina enfrenta el desafío de cómo financiar sus sistemas de SAS urbanos, los cuales, después de todo, son 'sistemas locales' independientemente de su tamaño, y para los cuales se deben considerar y adoptar un amplio abanico de mecanismos de financiamiento. Esta cuestión es de la más alta relevancia dadas las altas tasas de urbanización en la región.

### *Mecanismos de financiamiento innovadores*

La innovación en el financiamiento puede desempeñar en el futuro un importante papel para atraer financiación reembolsable basada en el mercado para el sector de SAS. El cuadro 3.1 subraya ejemplos de desajustes críticos y los tipos de mecanismos novedosos de financiamiento que pueden utilizarse para paliarlos. En el contexto de algunas de esas innovaciones, se pueden usar fondos públicos para impulsar el financiamiento reembolsable basado en el mercado de manera que aumente la cantidad total de fondos disponibles para el sector.

Todos los mecanismos financieros innovadores presentados en el cuadro 3.1 han sido utilizados en mayor o menor medida en el sector de SAS. Las experiencias de los países con estos mecanismos son variadas, aunque generalmente son positivas. El principal desafío radica en asegurar que las condiciones generales de inversión en un país son suficientemente estables como para estimular a los inversores y que la regulación económica del sector de SAS proporcione una base sólida para el reembolso de los fondos. Algunos de esos mecanismos clave son presentados a continuación.

La *financiación mixta* combina una financiación en condiciones favorables (ya sean subvenciones o préstamos con un componente de subvención) con financiamiento reembolsable para apoyar un solo proyecto o un programa de préstamos completo. En el sector del agua, se ha hecho a nivel de proyectos específicos o mediante el establecimiento de vehículos financieros que buscan combinar diferentes fuentes de financiación. Un ejemplo es la Financiera de Desarrollo Territorial S.A. (FINDETER) en Colombia, una entidad pública que redescuenta créditos de la banca comercial para el desarrollo de infraestructura local, incluida la de agua y saneamiento. El principal objetivo del financiamiento mixto es instituir financiación para el sector de SAS, que de otra forma no estaría disponible para un proyecto dado, al tiempo que garantiza el cumplimiento de objetivos básicos de las políticas públicas, tales como incrementar el acceso y los servicios para los pobres. Los esquemas de financiamiento combinado tienen un gran potencial en el sector del agua, especialmente en el contexto de la crisis financiera mundial, dado que casi siempre se necesitará un componente de subvención para que un proyecto del sector de SAS sea susceptible de financiación bancaria y al mismo tiempo llegue a quienes no tienen los servicios.

**Cuadro 3.1**

**Ejemplos de mecanismos financieros innovadores en el sector del agua**

Desajuste crítico	Mecanismos financieros innovadores que corrigen el desajuste
Limitaciones de asequibilidad de los hogares	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Combinar subvenciones y financiamiento reembolsable</li> <li>• Microfinanciación</li> <li>• Ayuda basada en los resultados</li> </ul>
Disponibilidad limitada de fondos para los operadores nacionales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Microfinanciación</li> <li>• Ayuda basada en resultados y contrato innovador</li> </ul>
Perfil de riesgo y dificultades para gestionar ciertos riesgos (p. ej., riesgo político, riesgo del mercado de cambios)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Combinar subvenciones y financiamiento reembolsable</li> <li>• Garantías y seguro de riesgo</li> <li>• Mecanismos de apoyo en caso de devaluación</li> <li>• Financiamiento en divisa local</li> <li>• Acuerdos sobre ingresos en lugar de garantías</li> </ul>
Falta de fondos a nivel descentralizado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bonos municipales</li> <li>• Fondos mancomunados, fondos renovables y bancos de bonos</li> <li>• Instrumentos para aumentar los préstamos a entidades subsoberanas</li> </ul>
Corto plazo del financiamiento disponible	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Garantías</li> <li>• Aportaciones de capital</li> </ul>
Balance financiero subcapitalizado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Movilización de fondos propios para fortalecer el balance financiero, préstamos convertibles, canjes de deuda por acciones, modelos de expansión de activos livianos</li> </ul>
Falta de comprensión por parte de prestamistas e inversores externos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Combinar subvenciones y financiamiento reembolsable</li> <li>• Calificación financiera</li> <li>• Mecanismos para la preparación de proyectos</li> </ul>
Falta de proyectos financiables	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mecanismos para la preparación de proyectos</li> </ul>

Fuente: Adaptado de OCDE (2011b)

La *microfinanciación* ha sido identificada como una forma clave de superar las limitaciones de asequibilidad a la hora de proporcionar acceso a los servicios, particularmente para los hogares y los proveedores de agua de pequeña escala en los países en desarrollo. El uso de la microfinanciación en el sector del agua ha sido hasta ahora limitada, en parte por la poca conciencia sobre su potencial, y en parte por la comprensión limitada que tienen los profesionales de las microfinanzas y del sector del agua sobre las oportunidades de trabajar juntos. Sin embargo, un estudio de Mehta (2008) defiende el gran potencial que tiene la microfinanciación para el sector de SAS, especialmente para los préstamos a los hogares y a proyectos comunitarios, como los proyectos para la rehabilitación de los asentamientos ‘informales’. La Asistencia Oficial para el Desarrollo puede ayudar a desarrollar la microfinanciación para SAS suministrando una financiación inicial a fondos rotatorios o entidades microfinancieras, subvenciones selectivas para el desarrollo de productos, y garantías. Los donantes y las instituciones financieras internacionales (IFI) pueden ayudar a concientizar respecto a los productos microfinancieros mediante actividades de

capacitación y combinando la microfinanciación con otros instrumentos financieros en los proyectos que decidan apoyar. Por ejemplo, se puede combinar el apoyo de la microfinanciación o de la banca comercial local en el caso del empresariado de pequeña escala, con ayuda basada en los resultados –subvenciones pagadas a los proveedores de servicios en base a resultados eficaces y medibles y que, por tanto, están mejor incentivadas.

Aunque los donantes y las instituciones financieras internacionales, así como las instituciones privadas, tienen disponible una variedad de *garantías y seguros*, estos no han sido utilizados regularmente o a gran escala en el sector de SAS. Esto es, en parte, un reflejo de la estructura cambiante del mercado para los servicios de agua: si bien las condiciones adversas han alejado a los operadores internacionales privados, las garantías que proporcionan las instituciones internacionales para proyectos y transacciones relativamente grandes son menos apropiados que antes. Además, las AOD y las IFI mantienen generalmente reglas bastante rígidas sobre el uso de garantías –por ejemplo, con requisitos de contragarantía o restricciones al suministro de garantías independientes– lo que significa que los costos de transacción para los demandantes puede ser alto. El establecimiento de mecanismos de garantía a nivel nacional, disponibles para todos los niveles de gobierno y a los cuales puedan contribuir las AOD y las IFI con financiamiento inicial o garantías subyacentes, podría facilitar el uso de garantías a nivel local, lo cual está más en línea con la estructura actual del mercado en el sector de SAS. Las AOD y las IFI pueden también intervenir cuando las entidades privadas o los gobiernos muestran menos voluntad para proporcionar garantías.

Crear *mecanismos de financiamiento conjunto* puede ser una manera útil de proporcionar acceso al financiamiento a un amplio número de prestatarios relativamente pequeños, especialmente con el uso combinado de garantías para mejorar la calificación crediticia. Estas agrupaciones se adaptan particularmente bien a situaciones de SAS descentralizadas, en las que proveedores de servicios de tamaño medio y pequeño luchan por tener acceso a financiamiento por méritos propios. En el sector de SAS, el enfoque de financiamiento conjunto ha sido utilizado sobre todo como una base para la emisión de bonos en países con mercados financieros bastante maduros, como el de los Estados Unidos, pero también se ha utilizado en México. Una vez más, los altos costos de transacción y un conocimiento limitado explican, en parte, por qué el uso del enfoque de financiación conjunta ha sido de alguna forma limitado. Las OAD y las IFI necesitan aumentar sus esfuerzos para crear ese tipo de estructuras o ayudar a definir el entorno institucional que induciría a establecer mecanismos para el financiamiento conjunto donde sea conveniente. Esto puede exigir el establecimiento de dichos mecanismos directamente, como los fondos revolventes o los bancos de bonos, o fomentar la adopción de una legislación que haga que esas estructuras sean más atractivas –tales como exenciones fiscales en la emisión de bonos para tales estructuras, como se hace en los EE. UU., o la exigencia de crear estos mecanismos financieros conjuntos para poder acceder a financiación gubernamental.

La concesión de *préstamos directos a entidades subsoberanas* sin la necesidad de una garantía del Gobierno central ha sido una práctica utilizada con éxito durante algún tiempo por algunas AOD y las IFI. Sin embargo, muchas de estas AOD e IFI no han podido prestar fondos a nivel subsoberano, bien porque sus reglas internas no lo permiten, o bien porque no están dispuestas a asumir el riesgo que, en su opinión, presentan esos préstamos. Además, muchas entidades subnacionales, incluidas las ciudades de todos los tamaños, o son muy débiles financieramente para endeudarse, o carecen de capacidad para formular un proyecto financiable que sea elegible para la financiación de los donantes. Los Gobiernos centrales pueden ser también reticentes a



que entidades subsoberanas tomen directamente préstamos, especialmente cuando esa deuda puede afectar al peso total de la deuda acumulada a nivel nacional. La deuda subsoberana puede necesitar estar cubierta por el Gobierno central en caso de quiebra o incumplimiento en el reembolso, incluso si no se han previsto garantías explícitas para el caso.

Las AOD y las IFI deberían evaluar cómo pueden relajar los requisitos de garantía para préstamos subsoberanos, de manera que se allane el camino para que entidades subsoberanas puedan obtener préstamos comerciales. Por ejemplo, el hecho de apoyarse en acuerdos sobre ingresos alcanzados con los prestatarios para aumentar las tarifas o interceptar las transferencias de los Gobiernos centrales puede inspirar la confianza de los acreedores sin necesidad de garantías del Estado. Finalmente, los donantes pueden combinar estos instrumentos de préstamo con garantías a los acreedores comerciales, de manera que se amplíe el conjunto de inversores y financistas interesados en invertir en agua y saneamiento a nivel local. Los préstamos directos a entidades subsoberanas, incluidas las empresas de servicios de las ciudades y municipios, pueden ayudar a estos prestatarios a crear un historial crediticio y darles acceso a un abanico más amplio de inversores, incluidos los bancos comerciales y los inversores bursátiles.

Captar *fondos propios* puede ayudar a fortalecer los balances financieros de las compañías de agua, las cuales están a menudo subcapitalizadas. En el sector del agua se han desarrollado modelos interesantes para movilizar capital en los mercados financieros –como el Hyflux Water Trust, en Singapur–, los cuales buscan diversificar y alejarse de la movilización de fondos de compañías de agua privadas (cuya capacidad para aportar capital propio es limitada en cualquier caso) y utilizar esas inyecciones de dinero a fin de impulsar otras formas de financiamiento para invertir en bienes de capital. Movilizar fondos propios mediante los mercados de capitales puede fortalecer la disciplina financiera y mejorar la transparencia, incluso en compañías que están en manos principalmente del Estado, entre ellas algunas compañías estatales de agua en Brasil cotizadas en bolsa.

La *calificación crediticia* puede también ayudar a mejorar la transparencia y facilitar a los prestatarios el acceso a los mercados financieros. Se han logrado avances significativos en el establecimiento de calificaciones de crédito para los gobiernos y las compañías de agua municipales, aunque su uso sigue siendo limitado, especialmente en mercados que son demasiado pequeños para desarrollar una escala de calificación nacional. La crisis financiera mundial también ha afectado considerablemente la credibilidad de las agencias calificadoras, cuestionando su eficacia. Las ODA y las IFI pueden potencialmente intervenir para desarrollar sistemas de calificación crediticias ad hoc (p. ej., basados en ejercicios aislados), para examinar la solvencia de una compañía en particular y hacer recomendaciones sobre cómo puede mejorar dicha solvencia.

Se deberían alentar también otras iniciativas que mejoren la transparencia general y el conocimiento del sector de SAS por parte de los financiadores externos. Por ejemplo, el sistema de la Red Internacional de Comparaciones para Empresas de Agua y Saneamiento del Banco Mundial (IBNET, por sus siglas en inglés) puede y debería ser reforzado para mejorar la fiabilidad y comparabilidad de la información que se produce. Finalmente, es importante observar que diferentes entidades de crédito y de investigación han reunido ya una información significativa. Realizar esfuerzos coordinados para optimizar su calidad, aumentar la colaboración entre las fuentes y mejorar su difusión tendría un impacto positivo para reforzar el perfil del sector de SAS entre los financiadores externos.

Por último, los *mecanismos de apoyo para la preparación de proyectos* pueden también ayudar a la definición y elaboración de proyectos de agua financiables. Ya se ha creado un número limitado de instrumentos de este tipo a nivel internacional que, en conjunto, han posibilitado la preparación de proyectos financiables de forma acelerada, mejorando de este modo la eficacia del financiamiento del acreedor o del donante al reunir fondos para apoyar la preparación del proyecto. Los mecanismos para la preparación de proyectos han sido particularmente útiles cuando han sido establecidos en áreas geográficas bien delimitadas para acompañar políticas bien definidas. También se podría alentar el establecimiento de tales mecanismos a nivel nacional en la medida en que pueden reducir los costos de transacción y conectarse más fácilmente a otros instrumentos de financiamiento nacionales mencionados anteriormente. Además del establecimiento de mecanismos para la preparación de proyectos, se debería fortalecer la pericia local para realizar esta labor, desde la conceptualización del proyecto hasta su implementación, pasando por la fase de diseño.

## **El papel del sector privado en el financiamiento del sector de servicios de agua y alcantarillado**

El sector privado está involucrado de maneras muy diferentes en el sector de SAS. Entre los actores privados que participan en los diferentes segmentos de la provisión de servicios de SAS están los siguientes:<sup>4</sup>

- *Operadores privados de servicios de agua y saneamiento formales*, que proporcionan servicios basados en un contrato o licencia de las autoridades públicas responsables de la entrega de servicios en una región o país determinado.<sup>5</sup> Pueden ser tanto operadores nacionales, que tienden a centrarse en un solo país, como operadores regionales e internacionales, que proporcionan servicios a clientes en muchos países.
- *Operadores privados de servicios de agua y saneamiento informales*, que pueden ser proveedores independientes de pequeña escala, que generalmente operan allí donde no hay servicios públicos o tienen bajos estándares de calidad.<sup>6</sup> También pueden ser promotores a gran escala de propiedades residenciales o comerciales, que a menudo proporcionan y operan servicios de agua y saneamiento para sus propios proyectos de desarrollo, haciendo por tanto una contribución considerable a la infraestructura urbana y la cobertura del servicio. Este enfoque se puede ver en toda América Latina.
- *Instituciones financieras privadas* (bancos y fondos de inversión), que proporcionan financiamiento de fuentes privadas en forma de préstamos, bonos o capital en forma de acciones. Esa financiación privada puede darse tanto a operadores públicos como privados.
- *Empresas privadas* cuyo negocio principal no es el agua, pero que son grandes consumidores de agua, como productores de bebidas, compañías mineras, energéticas y de la construcción.

Durante la década de 1990 y principios de la década de 2000, la introducción de la participación del sector privado (PSP) en la gestión del SAS en los países en desarrollo fue interpretada como una forma de llevar recursos financieros adicionales al sector y, por tanto, cerrar la brecha de financiamiento. Pero la PSP se basaba demasiado a menudo en una idea equivocada de que el sector privado aportaría financiamiento mediante contratos de concesión u otros contratos similares que incluían obligaciones de inversión. La cancelación anticipada de algunas concesiones notorias –como la

de Buenos Aires- después de crisis financieras nacionales, en las cuales el operador privado estaba expuesto a riesgos cambiarios sustanciales en la deuda contraída para financiar los programas de SAS, cuestionó las expectativas iniciales generadas por la PSP. Las primeras experiencias con PSP ayudaron también a destacar el hecho de que los propios operadores privados tenían que conseguir capital externo y obtener financiamiento.

La experiencia reciente ha permitido a los Gobiernos comprender mejor la forma en que los operadores privados pueden movilizar de manera directa o indirecta financiamiento para el sector de SAS. Se pueden resumir tres áreas principales de experiencia. En primer lugar, al mejorar la eficacia general del sector, los operadores pueden reducir los costos (y las necesidades financieras) y mejorar la solvencia del sector y su capacidad para atraer financiamiento. Al reducir los costos, la PSP puede ayudar a cerrar la brecha de financiamiento. Mejores servicios pueden contribuir a crear un 'círculo virtuoso': los clientes tienen mejor disposición para pagar sus facturas cuando el servicio mejora; una operación más eficaz aumenta el flujo de caja de las operaciones y hay más fondos disponibles para invertir, lo que, a su vez, incrementa la base de clientes y los ingresos de la empresa. A medida que mejora la solvencia, una empresa de agua puede acceder a financiamiento más fácilmente e invertir en la expansión de los servicios.

Esto ha sido confirmado por la experiencia de PSP en los últimos 20 años, la cual ha demostrado ser una herramienta útil para mejorar el desempeño y la eficiencia del sector de SAS. Por ejemplo, Marin (2009) ha estudiado 15 años de experiencia de asociaciones público-privadas (APP) para servicios urbanos en los países y evaluado su impacto en cuatro dimensiones del desempeño: el acceso (ampliación de cobertura), la calidad del servicio, la eficacia operativa y el nivel de tarifas. Marin descubrió que muchos operadores privados conseguían reducir las pérdidas de agua, especialmente en Brasil y Colombia. En algunos casos, los operadores privados redujeron el agua no facturada (ANF) a menos del 15 por ciento, una tasa similar a la de las empresas con mejor desempeño del mundo. Tales ganancias de eficiencia han contribuido a mejorar la posición financiera de las empresas de agua mediante la disminución de los costos, el aumento de los ingresos y la menor necesidad de subvenciones externas para cubrir las brechas de financiamiento.

En segundo lugar, la PSP puede ayudar al sector de SAS financiando costos de inversión, particularmente cuando la capacidad del sector público para tomar préstamos es limitada. Algunas veces se incorporan operadores privados porque se consideran que son más capaces de movilizar financiamiento, especialmente de instituciones financieras privadas. Si bien la PSP puede facilitar un acceso fundamental a financiamiento reembolsable de mercado, especialmente por la necesidad de ese tipo de financiamiento para afrontar los enormes costos iniciales por concepto de inversión en capital, no contribuye por sí misma a cerrar la brecha de financiamiento, sino que más bien ayuda a salvar las distancias. En última instancia, el financiamiento privado debe ser reembolsado mediante una combinación de las 3T. Hasta cierto punto, la capacidad de la PSP para movilizar fondos puede depender del tipo de arreglos contractuales a los que se llegue con el sector público. La PSP puede darse bajo una amplia variedad de acuerdos contractuales, los cuales reflejan la manera en que los riesgos se han distribuido entre las partes. La asignación de responsabilidades para la inversión (y de la financiación de esas inversiones) puede variar sustancialmente según los arreglos contractuales en vigor.

El cuadro 3.2 presenta un panorama de los posibles arreglos contractuales alcanzados entre las PSP y el sector de SAS. En el caso de contratos de concesión, esquemas del tipo construcción, operación y transferencia (BOT, por sus siglas en inglés), desinversiones y algunas empresas mixtas, se puede pedir a la PSP que

movilice directamente fondos sustanciales para inversiones de capital, que después recuperan generalmente mediante las cuotas o ingresos por tarifas. En el caso de los otros arreglos contractuales –aunque hay algunas excepciones–, la responsabilidad de movilizar inversiones recae en el sector público y la implicación de la PSP se debe principalmente a su capacidad para obtener aumentos de eficiencia o para movilizar financiamiento indirectamente. La PSP tiene también mayor control sobre la gestión en el caso de formas ‘más potentes’ de participación del sector privado, tales como concesiones, BOT o desinversiones, lo que generalmente se asocia con una mayor capacidad para conseguir ganancias de eficiencia.

La tercera forma en la que la PSP puede ayudar al sector de SAS es gestionando y posibilitando programas de inversión de capital de las autoridades públicas. En este caso, la PSP gestiona un amplio programa de inversión en nombre de la autoridad pública y coordina estrechamente las mejoras de los bienes de capital con la operación y mantenimiento continuos del proveedor de SAS. Este enfoque ha generado confianza y estabilidad a los programas de inversión de capital en el sector de SAS, lo que, a su vez, ha hecho aumentar significativamente la inversión del sector público en esa área.

En conjunto, el financiamiento privado de servicios de agua urbanos en los países en desarrollo ha sido limitado si se compara con otros sectores de infraestructura – solo 5,4 por ciento del total de compromisos de inversión en infraestructura privada entre 1990 y 2000 fueron al sector de SAS (Marin, 2009). Basándose en información de la base de datos sobre Participación Privada en Infraestructura (PPI) del Banco Mundial,<sup>7</sup> Marin observó que los compromisos de inversión de operadores privados (realizados en el año de cierre financiero) disminuyeron claramente después de la crisis financiera en Asia, desde un máximo de 10.000 millones de dólares en 1997 a un mínimo de 1.500 millones de dólares en 2003, y desde entonces no se han recuperado realmente, como muestra la figura 3.3.

**Cuadro 3.2**  
**Tipología de acuerdos contractuales entre el Gobierno (G) y el sector privado (P)**

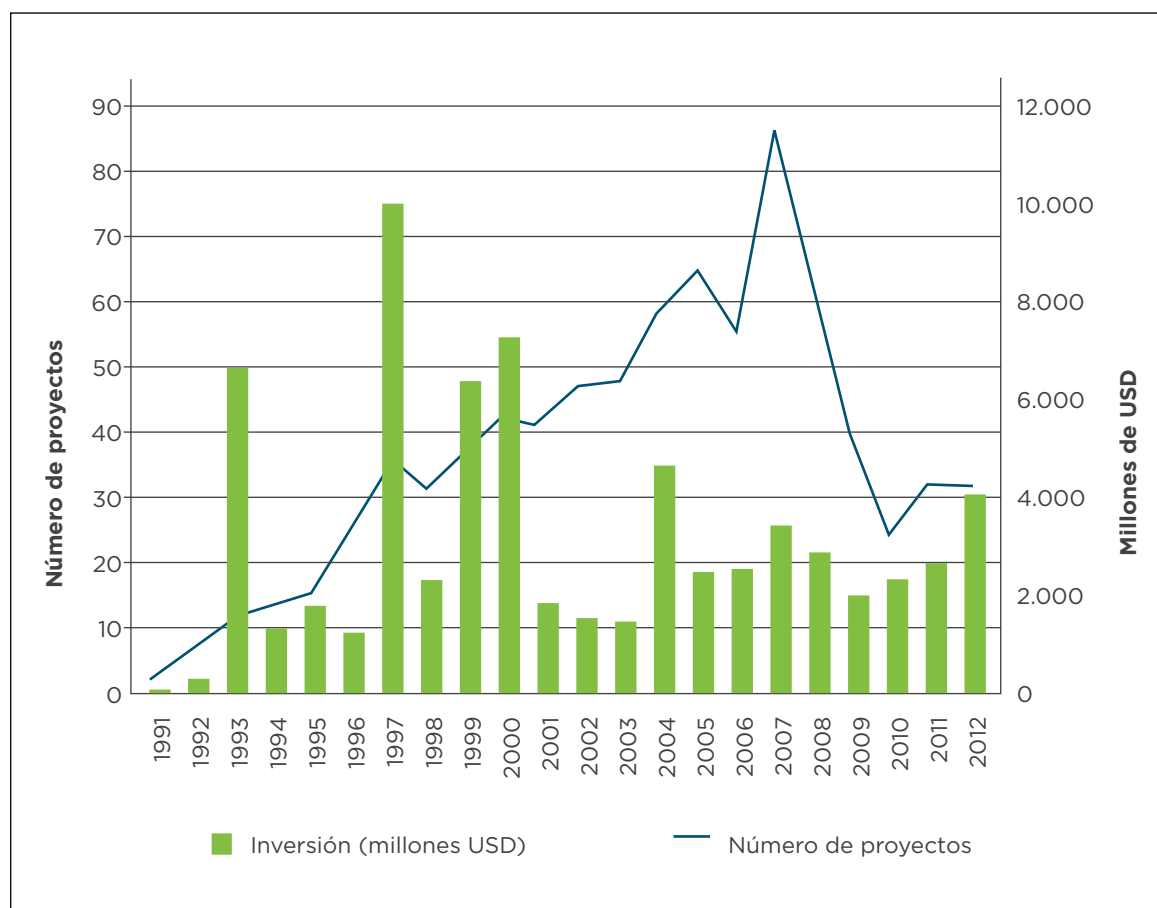
	Contrato de servicios	Contrato de gestión	Arrendamiento	Concesión	BOT	Empresa conjunta	Desinversión
Propiedad del activo	G	G	G	G	P/G	G/P	P
Inversión en bienes de capital	G	G	G	P	P	G/P	P
Riesgo comercial	G	G	Compartido	P	P	G/P	P
Explotación/mantenimiento <sup>a</sup>	G/P	P	P	P	P	G/P	P
Duración del contrato	1-2 años	3-5 años	8-15 años	25-30 años	20-30 años	Indefinida	Indefinida
Fuente de remuneración del operador	Municipio	Municipio: la tarifa es fijada en función del desempeño	El operador cobra las tarifas a los usuarios <sup>b, c</sup>	Usuarios	Municipio	Usuarios	Usuarios
Incidencia 1991-2009 (banco de datos sobre PPI del Banco Mundial)	No estudiado	En total: 111 de 715 proyectos	278 de 715 proyectos	294 de 715 proyectos	No es una categoría separada	32 de 715 proyectos	
Ejemplos	Ciudad de México	Johannesburgo	Cartagena	Aguascalientes (México) Yakarta Manila	México	Cartagena	Inglaterra Chile

Notas: <sup>a</sup> El mantenimiento puede conllevar cantidades considerables de inversión por parte del socio responsable.

<sup>b</sup> **Affermage**: ingreso compartido.

<sup>c</sup> Lease: la tarifa es pagada por el Municipio.

Fuente: OCDE (2009a) actualizado de la base de datos sobre Participación Privada en Infraestructura (PPI) del Banco Mundial: <http://ppi.worldbank.org>

**Figura 3.3****Inversión en proyectos con asociación público-privada en países en desarrollo, 1991-2012**

Fuente: PPI del Banco Mundial (2014)

Un estudio realizado por Gassner et al. (2008) revisó las inversiones privadas en base a un análisis de regresión detallado de los contratos de agua y electricidad con PSP, que incluyó un conjunto de datos de más de 1.200 empresas de agua de 71 países en desarrollo y economías en transición. El estudio no pudo llegar a la conclusión de que la inversión siempre aumenta con la PSP, pese a que hay evidencias de un incremento real en las conexiones de agua de casi el 12 por ciento en promedio. Tampoco encontró pruebas concluyentes de que la inversión aumentara en los países en desarrollo como resultado de los contratos de concesión. Respecto a los contratos de arrendamiento y gestión –en los que no había obligación de inversión para la parte privada–, el estudio sugirió que la compañía detentora de los activos públicos generalmente no aumentaba la inversión ni siquiera cuando la PSP aportaba mejoras operacionales.

Este estudio y otros con hallazgos similares han llevado a que cada vez más países adopten modelos de APP y acuerdos de distribución del riesgo en los cuales la inversión queda principalmente en manos del sector público mientras que el sector privado se centra en mejorar el servicio y la eficiencia operacional (Marin, 2009; OCDE, 2009b).<sup>8</sup> En la práctica, los fondos para inversión en proyectos de APP con financiamiento mixto vienen de flujos de caja directos procedentes de los ingresos y una combinación variable de fuentes gubernamentales y privadas, que tienden a hacer cada vez más obsoleta la tradicional dicotomía entre arrendamientos y concesiones.

En la última década, se han desarrollado varios enfoques que combinan un financiamiento mixto público-privado con la PSP de manera que se beneficien del aumento de eficiencia; entre ellos, están:

- Concesiones, que se apoyan principalmente en el flujo de caja para invertir, con subvenciones cruzadas de la venta de electricidad, el recargo de tarifas o de ambos.
- Arrendamientos, tal y como se aplicaron originalmente en África, reforzados con incentivos mejorados para la eficiencia operacional, un programa de conexiones subsidiadas para ampliar la cobertura para los pobres y un cambio gradual hacia la recuperación plena de costos mediante las tarifas.
- Compañías de propiedad mixta, como las que ya operan en Latinoamérica en numerosos municipios pequeños, medianos y grandes de Colombia, en La Habana (Cuba) y Saltillo (México).
- Concesiones con ayudas públicas a la inversión para impulsar la expansión del acceso o la rehabilitación, al tiempo que se minimiza el impacto en las tarifas. Este enfoque está tipificado por la APP diseñada bajo el Programa de Modernización de Empresas (PME) de Colombia. Un enfoque similar ha sido adoptado en Guayaquil (Ecuador), así como en algunas concesiones en Argentina, como la de Córdoba y Salta.

Lo anterior muestra que el sector privado puede contribuir a cerrar la brecha de financiamiento en agua y saneamiento urbano de maneras distintas. Sin embargo, la posibilidad de que el sector contribuya a este fin requiere de entornos regulatorios e institucionales adecuados, así como una recuperación de costos sostenible. La OCDE ha desarrollado una herramienta –*Checklist for Public Action for Private Sector Participation in Water Infrastructure* (Lista de verificación de intervención pública para la participación del sector privado en la infraestructura de agua) (OCDE, 2009b)– que ofrece orientación a los países para la asignación de roles, riesgos y responsabilidades entre los socios públicos y privados, así como sobre los marcos políticos, institucionales y regulatorios necesarios para mejorar las condiciones de inversión en el sector del agua, y ha apoyado su uso en algunos países, incluido México.

## Avanzar en el desafío del financiamiento

En toda América Latina, la medida en la que un tipo concreto de fuente de financiamiento puede ayudar de manera significativa a afrontar los desafíos de financiación del sector de SAS dependerá mucho de la localización específica. Los factores en juego incluyen un entorno propicio general y la voluntad del Gobierno de establecer objetivos realistas y adoptar reformas de manera que mejore la eficiencia y solvencia de los proveedores de SAS existentes. El establecimiento de metas políticas que no se ajustan a flujos de ingresos reales, tiene como resultado una brecha importante de financiamiento y la no ejecución de los planes; y son los pobres los que a menudo sufren más de la ausencia o deficiencia seria de los servicios.

En algunos casos, los donantes son en parte responsables de la falta de realismo. Por ejemplo, el uso de las mejores tecnologías de tratamiento de aguas residuales disponibles puede no ser asequible o incluso necesario si se lleva más allá del nivel de proyecto. Debe haber una planificación estratégica financiera y, en el contexto más general del sector de SAS, una planificación que aborde los roles y responsabilidades de las agencias gubernamentales, las prioridades políticas y las reformas legislativa y regulatoria relacionadas con ella para asegurar que se puede impulsar un paquete de medidas financieramente realistas.

Como parte de un escenario gubernamental de objetivos realistas para el desarrollo del sector de SAS, los objetivos deben ser 'verificados' en relación con los recursos disponibles y ser objeto de acuerdos en un diálogo de política pública entre múltiples actores –un proceso denominado planificación estratégica financiera (PEF). Esta planificación tiene varios objetivos:

- Proporcionar una estructura para que tenga lugar un diálogo político que involucre a todas las partes interesadas relevantes, incluidos los Ministerios de Finanzas, con el fin de llegar a un consenso sobre futuros SAS que sean viables.
- Ilustrar el impacto de los diferentes objetivos y metas en una perspectiva de largo plazo, vinculando las políticas, los programas y los proyectos del sector.
- Cumplir el importante objetivo de facilitar el financiamiento externo, proporcionando datos claros y transparentes sobre las necesidades de financiación. Esos procesos pueden llevarse a cabo a nivel nacional, municipal o regional.

En última instancia, el sector de SAS debe utilizar un abanico completo de enfoques financieros, aprovechando al máximo las ganancias potenciales de eficiencia, ajustando metas y combinando fuentes de financiamiento públicas y privadas a fin de cubrir las necesidades de inversión y mantener y ampliar con éxito los servicios. Para lograrlo, los responsables de la formulación de políticas y los proveedores de servicios de agua necesitan adoptar la PEF y otros procesos de planificación estratégica financiera a fin de identificar qué es lo que necesita financiación, cuántos recursos adicionales se pueden obtener de las fuentes existentes y cómo mejorar el desempeño de las empresas de agua para producir ganancias de eficiencia y movilizar financiamiento externo (OCDE, 2011c).

El sector de SAS debería también utilizar todas las herramientas disponibles que puedan ayudar a la planificación financiera. Existen numerosas herramientas, como el IBNET del Banco Mundial, FEASIBLE (desarrollado por la OCDE) y muchas otras, que pueden ayudar a los países de América Latina y sus proveedores de SAS con una gran variedad de tareas, incluida la definición de metas alcanzables y una planificación financieramente sólida que tenga en cuenta el limitado financiamiento público. Todos los niveles de gobierno deberían aprovechar estas herramientas dada la etapa en la que nos encontramos con respecto al acceso a datos y herramientas. Por ejemplo, la 'Lista de Verificación de la Intervención Pública para la Participación del Sector Público en Infraestructura de Agua' busca ayudar a los responsables de la formulación de políticas a evaluar y gestionar la implicación de PSP en el sector de SAS. Para ello, identifica las políticas clave que se necesitan para obtener una mayor cooperación y proporciona un conjunto de enfoques y prácticas dirigidos a abordar los asuntos identificados en base a la experiencia de los países.

## **Conclusiones**

Nunca se insistirá lo suficiente en la importancia que tiene asegurar que los sistemas de SAS sean financiados de manera sostenible. Los países elaboran a menudo planes complicados y ambiciosos para desarrollar infraestructura de SAS a fin de beneficiar a sus ciudadanos y ayudar a su desarrollo y prosperidad económica. Lo anterior, sin embargo, probablemente generará frustración, a menos que se hagan planes adecuados y estables para financiar tanto la inversión inicial en infraestructura de SAS como la operación y mantenimiento de la misma. Muchos sistemas de América Latina están insuficientemente financiados, lo que tiene serias consecuencias para los usuarios de agua y saneamiento, especialmente para los pobres. Asegurar el



financiamiento sostenible de los sistemas de SAS es un problema continuo tanto en los países de la OCDE como en los que no son miembros de esta organización. La crisis financiera mundial de finales de la década de 2000 ha exacerbado el problema. Este es sin duda el caso de América Latina.

Cerrar la brecha de financiamiento requiere que los países y sus municipalidades se movilicen para obtener fondos de una variedad de fuentes. Para ello, es preciso reducir costos, aumentar la eficiencia del uso del agua, aumentar el financiamiento obtenido de las 3T y establecer mecanismos de financiamiento reembolsable saludables, tanto de fuentes públicas como del mercado. La planificación financiera de SAS es absolutamente fundamental y, sin lugar a dudas, ha faltado en América Latina y en otras partes del mundo. Es necesario encontrar el equilibrio adecuado entre las fuentes potenciales de financiamiento para los SAS, sopesar y superar los desafíos del financiamiento, y establecer un abordaje estratégico a medio y largo plazo para elaborar la planificación financiera necesaria que garantice el éxito del sector de SAS en toda la región.

La importancia de una planificación bien meditada de largo alcance queda probada por el hecho de que establecer niveles de tarifas que permitan cubrir las necesidades de financiamiento al tiempo que se tienen en cuenta consideraciones sociales puede ser profundamente retador, particularmente desde el punto de vista político. No obstante, una dependencia excesiva de las ayudas públicas mediante los impuestos o las transferencias de AOD aumenta la vulnerabilidad del sector de SAS a choques externos y a cambios en las prioridades presupuestarias de los Gobiernos y los donantes. Reducir la brecha de financiamiento mediante mecanismos financieros estándar e innovadores es la clave para apoyar la transición hacia arreglos financieros sostenibles para el sector de SAS en América Latina. A medida que crece la economía de la región y se torna más influyente, aumenta también la posibilidad de hacer un uso más eficaz de la participación financiera del sector privado en el sector de SAS latinoamericano. Bajo estas oportunidades subyace, sin embargo, la necesidad de tener en cuenta todas las posibilidades financieras y evaluar las más prometedoras, así como la necesidad de un marco regulatorio fuerte y estable que proporcione una base sólida para que los hogares, los negocios y los inversores cosechen los beneficios de un financiamiento sostenible para un sector de SAS de importancia vital.

## Notas

- <sup>1</sup> En este capítulo, suministro de agua y saneamiento (SAS) se utiliza indistintamente con los términos de sector de suministro de agua y saneamiento y sector de agua y saneamiento. El primer término es usado más frecuente, mientras que los otros pueden diferir ligeramente y tener alguna diferencia técnica.
- <sup>2</sup> Brasil, Rusia, India y China.
- <sup>3</sup> Término acuñado por la OCDE para medir las transferencias voluntarias (ayuda) de un país a otro.
- <sup>4</sup> Obsérvese que los hogares pueden ser considerados también actores privados, bien cuando invierten en la construcción y mantenimiento de instalaciones de agua y saneamiento en el ámbito privado para poder beneficiarse de la conexión a servicios totalmente públicos, bien cuando esos servicios son de autoabastecimiento (como en el caso de sistemas de saneamiento *in situ*, por ejemplo).
- <sup>5</sup> La contribución de los 'operadores de servicios de agua y saneamiento privados' formales constituyen lo que usualmente se denomina como participación del sector privado (PSP) en el sector.

- <sup>6</sup> Obsérvese que, en los casos en que los hogares o actores privados proporcionan servicios sin instrucciones gubernamentales para cubrir una brecha en el 'déficit de acceso', estos hogares tienden a financiar ellos mismos las inversiones necesarias con fondos propios, mediante préstamos de la familia o de amigos, de prestamistas locales o instituciones de microfinanciación donde existen.
- <sup>7</sup> No obstante, conviene señalar que una debilidad de la base de datos es que no proporciona un panorama completo de la inversión privada en infraestructura de agua porque no cubre algunos de los acuerdos que implican principalmente a actores nacionales, así como algunos refinanciamientos que se producen durante la duración de los contratos de PSP. Como consecuencia, las cifras de PPI pueden no llegar a captar una nueva fuente importante de inversión privada y pueden distorsionar el panorama general.
- <sup>8</sup> Diferentes contratos de PSP tienen impactos distintos en la eficiencia operacional y por tanto en el acceso a financiación. Esto se puede explicar por las diferentes disposiciones sobre distribución de responsabilidades y de riesgos de los distintos tipos de contrato; por ejemplo, las concesiones son responsables de las operaciones y de la inversión, mientras que los contratos de arrendamiento proporcionan incentivos directos para aumentar la eficiencia de operación mediante la estructura de ingresos.

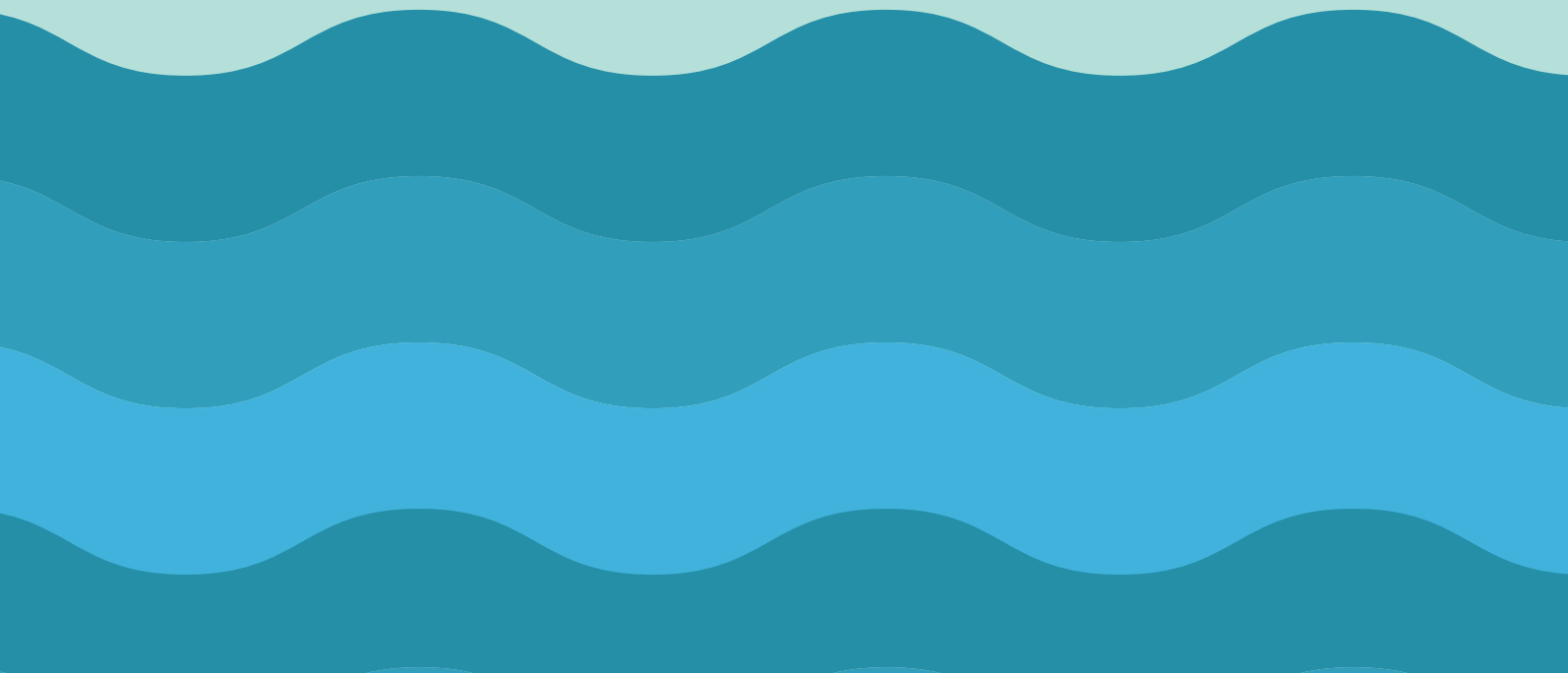
## References

- Banco Mundial-PPI (Participación Privada en Infraestructura) (2014). Banco de datos, consultado el 15 de febrero de 2014, <http://ppi.worldbank.org>
- BID (Banco Interamericano de Desarrollo) (2010). *Drinking water, sanitation, and the millenium development goals in Latin America and the Caribbean*, Washington, D.C.
- Gassner, K., Popov, A. y Pushak, N. (2008). *An assessment of private sector participation in electricity and water and sanitation services in developing and transition countries*, Banco Mundial, Washington D.C.
- Haller, L., Hutton, G. y Bartram, J. (2007). "Estimating the costs and health benefits of water and sanitation improvements at global level", *Journal of Water and Health*, vol. 5, n.º 4, pp 467-80.
- Hutton, G. y Bartram, J. (2008). "Global costs of attaining the millennium development goal for water supply and sanitation", *Bulletin of the World Health Organization*, vol. 86, n.º 1, pp 13-19.
- Kariuki, M. y Schwartz, J. (2005). *Small-scale service providers of water supply and electricity*, Documento de Investigación sobre Políticas del Banco Mundial, 3727, Banco Mundial, Washington, D.C.
- Marin, P. (2009). *Public-private partnerships for urban water utilities. A review of experiences in developing countries*, Tendencias y opciones políticas de PPIAF (Public Private Infrastructure Advisory Facility) n.º 8, Washington, D.C.
- Mehta, M. (2008). *Assessing microfinance for water and sanitation: Exploring opportunities for sustainable scaling-up*, informe para la Fundación Bill and Melinda Gates, Seattle.
- OCDE (Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos) (2006). *Infrastructure to 2030: Telecom, land, transport, water and electricity*, OCDE, París.

- OCDE (2009a). *Managing water for all: An OECD perspective on pricing and financing*, OCDE, París.
- OCDE (2009b). *Private sector participation in water infrastructure. OECD checklist for public action*, OCDE, París.
- OCDE (2010a). *Pricing water resources and water and sanitation services*, OCDE, París.
- OCDE (2010b). *Innovative finance mechanisms for the water sector*, OCDE, París.
- OCDE (2011a). *Benefits of investing in water and sanitation: An OECD perspective*, OCDE, París.
- OCDE (2011b). *Meeting the challenge of financing water and sanitation: Tools and approaches*, OCDE, París.
- OCDE (2011c). *Ten years of water sector reforms in Eastern Europe, the Caucasus and Central Asia*, OCDE, París.
- OCDE-CAD (Comité de Ayuda al Desarrollo de la OCDE) (2013). *Financing water and sanitation in developing countries: the contribution of external aid*, OCDE, París.
- Vammalle, C. y Hulbert, C. (2013). "Sub-national finances and fiscal consolidation: walking on thin ice", documento de trabajo sobre desarrollo regional de la OCDE, febrero de 2013, Publicaciones OCDE, consultado el 15 de febrero de 2014: <http://dx.doi.org/10.1787/5k49m8cqkcf3-en>

## Parte II

La gestión de los servicios de agua y saneamiento



## 4 Gestión del agua urbana en São Paulo para lograr el acceso universal a los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento

*Dilma Pena*

### Introducción

Este capítulo describe la política pública general y los principales programas del estado de São Paulo, en Brasil, para lograr el acceso universal a servicios de abastecimiento de agua y saneamiento.<sup>1</sup> El principio que orienta esta política es que el acceso a estos servicios es un derecho humano fundamental. Al mismo tiempo, el saneamiento es esencial para preservar la sostenibilidad del medio ambiente en el estado. El capítulo describe el contexto socioeconómico y proporciona información sobre la disponibilidad de recursos hídricos y la estructura organizacional para gestionarlos. Además, resume los principios, las fases y el marco institucional para la política de gestión del agua y del saneamiento. Se presta especial atención a la *Companhia de Saneamento* Básico do Estado de São Paulo (SABESP), principal organismo responsable de la implementación de la política de agua y saneamiento de São Paulo. Para concluir el capítulo, se hacen algunos comentarios sobre el proceso de aprendizaje en las últimas décadas.

### Antecedentes

São Paulo es, con sus 43,6 millones de habitantes en 2013 (IBGE, 2013), el estado más poblado de Brasil. Esa cifra representa el 21,7 por ciento de la población total del país, distribuida en 645 municipalidades. Sin embargo, el territorio del estado, de 248.210 km<sup>2</sup>, es tan solo el 2,9 por ciento de la superficie de Brasil. Por tanto, São Paulo tiene una densidad de población relativamente alta, de 176 habitantes por kilómetro cuadrado, amplificada por una tasa de urbanización de aproximadamente el 96 por ciento. Sin embargo, la población del estado de São Paulo está creciendo a un ritmo menor que la del país en su conjunto, una tendencia que se ha visto en los tres últimos censos. Entre 2000 y 2010, el crecimiento de población fue del 1,09 por ciento anual, menos que el promedio nacional, que era del 1,17 por ciento (SPDR, 2011). El estado de São Paulo es el motor económico del país ya que concentra aproximadamente un tercio del producto interno bruto y de las exportaciones de Brasil (IISD, 2012). Es también el mayor centro industrial del país y tiene una economía de servicios en crecimiento.

**Cuadro 4.1****Porcentaje de viviendas con acceso a servicios de abastecimiento de agua y saneamiento en São Paulo, en otros estados y en Brasil en 2010**

	Abastecimiento de agua (red general) (porcentaje con acceso)	Recolección de aguas residuales (red general) (porcentaje con acceso)
São Paulo	96,4	86,8
Otros estados	85,0	46,5
Brasil	87,5	55,5

Nota: Los datos corresponden a zonas urbanas (ciudades y distritos); no está incluida la población rural  
Fuente: Pena (2012, p. 145, adaptado del IBGE [2010])

Desde la década de 1970, el Gobierno del estado ha realizado inversiones sustanciales en infraestructura para el abastecimiento de agua y saneamiento, que han tenido como principal resultado una alta cobertura de las redes de suministro de agua y de recolección de aguas residuales (cuadro 4.1). Pese a los avances en la cobertura de la red, hay todavía mucho trabajo por hacer para mejorar los servicios de alcantarillado y ampliar el tratamiento y disposición de aguas residuales. Esto es especialmente evidente en la periferia de las ciudades, donde hay serios problemas derivados de la ocupación informal del suelo por las *favelas* (zonas de viviendas precarias), frecuentemente en áreas propensas a inundaciones y deslaves.

La división hidrográfica de Brasil adoptada por la *Agência Nacional de Águas* (ANA, 2006) tiene 12 cuencas. El estado de São Paulo está localizado en dos de esas cuencas: la del río Paraná y la del Atlántico Sudeste. Para el manejo de los recursos hídricos del Estado, se crearon 22 unidades de gestión, llamadas *Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos* (figura 4.1). La disponibilidad de agua dulce en el estado de São Paulo ha sido estimada en 9,800 m<sup>3</sup>/s, considerando tanto el agua local como la que llega de otros estados aguas arriba. El abastecimiento de agua municipal representa la mayor parte de la demanda de agua en São Paulo (39 por ciento), seguido del uso industrial (28 por ciento) y del regadío (27 por ciento). Otros usos representan el 6 por ciento (ANA, 2005).

Con una disponibilidad de agua superficial de 2.209 m<sup>3</sup> anuales por persona, el estado de São Paulo se clasifica como 'pobre' según el indicador de estrés hídrico de Falkenmark (Falkenmark y Lindh, 1976), pero la escasez no afecta por igual al territorio (CERH, 2006). El estrés hídrico más grave se da en la Región Metropolitana de São Paulo (RMSP) (cuencas de los ríos Piracicaba y Alto Tietê, figura 4.1), donde vive el 60 por ciento de la población del estado, con una disponibilidad de agua de menos de 200 m<sup>3</sup> anuales por persona.

La concentración de población en las cabeceras de los ríos Piracicaba y Alto Tietê tiene un impacto directo en la calidad y cantidad de agua en las áreas situadas aguas abajo de estos dos ríos, que cruzan el estado de este a oeste. Sin embargo, el río Tietê pasa por un proceso importante de autopurificación<sup>2</sup> que mejora la calidad del agua río abajo. La cuenca del Alto Tietê se divide en seis subcuencas: Billings-Tamanduatei, Cotia-Guarapiranga, Tietê-Cabeceiras, Juqueri-Cantareira, Penha-Pinheiros y Pinheiros-Pirapora, todas ellas dentro de la RMSP (figura 4.2). En estas subcuencas, la disponibilidad de agua es de tan solo 200 m<sup>3</sup> anuales por persona. Este nivel de disponibilidad es inferior al del noreste de Brasil, región que está considerada la más seca del país. Estas limitaciones representan un gran desafío para el estado de São Paulo.

**Figura 4.1**

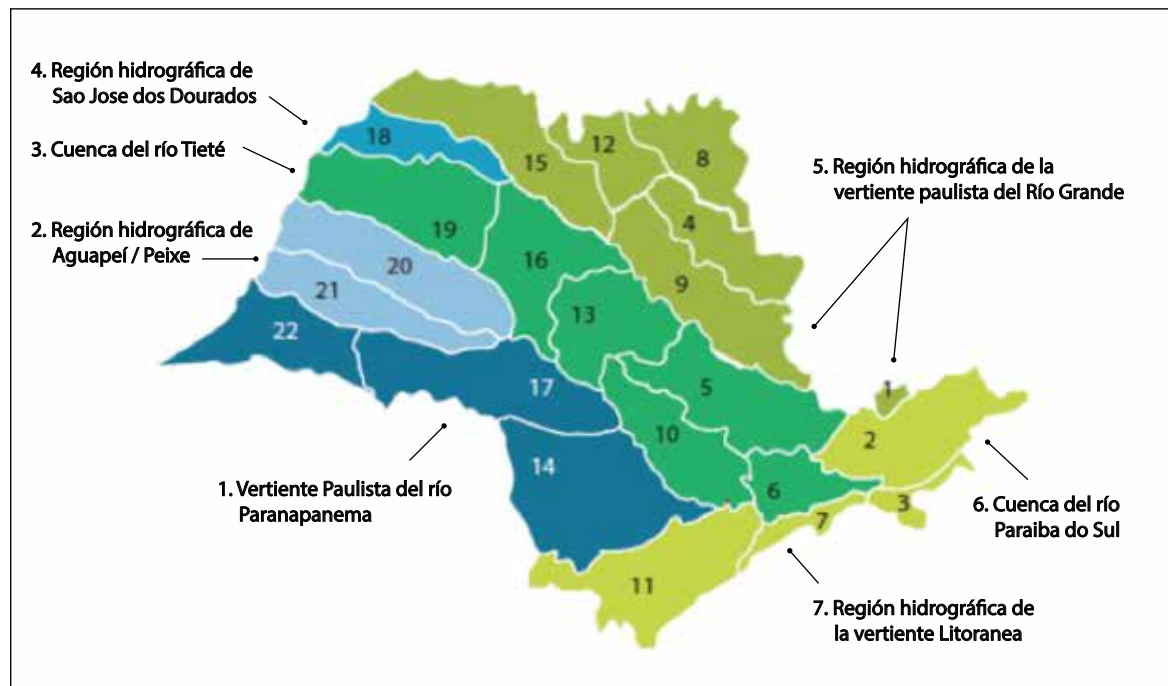
**Divisiones hidrográficas del estado de São Paulo**



Fuente: Pena (2012)

**Figura 4.2**

**La cuenca hidrográfica del Alto Tietê y la Región Metropolitana de São Paulo**



Fuente: Cortesía de SABESP

El desafío más urgente en materia de agua en la RMSP es la escasez del recurso; la contaminación de las fuentes y de las reservas de agua que están rodeadas de áreas construidas donde no hay una recolección adecuada de las aguas residuales; y las inundaciones urbanas. Para responder a estos desafíos, el Gobierno del estado ha diseñado políticas públicas que garanticen el abastecimiento de agua a la población; la captación, tratamiento y disposición de las aguas residuales; y la recolección y disposición de los residuos sólidos. Las prioridades ambientales dominantes son reducir la contaminación del agua y del aire, así como preservar las áreas sensibles desde el punto de vista ambiental que están próximas a las fuentes de agua.

## **Política de agua y saneamiento en el estado de São Paulo**

El principal objetivo de la política de agua en el estado de São Paulo es proporcionar acceso universal a los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento para el año 2020. Para lograrlo, la *Secretaría de Saneamento e Recursos Hídricos* del estado cuenta con la *Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo* (SABESP). Si bien este arreglo obedece a la ley federal y estatal sobre saneamiento, la provisión de servicios de abastecimiento de agua y saneamiento es, según la Constitución, una responsabilidad municipal. En este marco, la política del Gobierno del Estado de São Paulo es promover una diversidad de opciones operativas municipales y privadas, entre ellas SABESP que es una compañía estatal de capital mixto.

La *Secretaría de Saneamento e Energia* coordina la política de saneamiento del estado. Esta política separa las responsabilidades de planificación, regulación y supervisión, que son gestionadas por organismos estatales desde la entrega real de los servicios, que o bien son proporcionados por el Gobierno del estado (principalmente por SABESP, mediante un acuerdo de concesión con las municipalidades individualmente) o directamente por compañías de servicios municipales y empresas privadas. La principal fuente de financiamiento para las inversiones de capital y para la operación y mantenimiento de los servicios de agua y saneamiento son los ingresos obtenidos por las tarifas cobradas a los clientes por la provisión de dichos servicios. Sin embargo, en los últimos años, para acelerar la implementación de un ambicioso programa de inversión, ha habido un financiamiento creciente y más diversificado de fuentes nacionales e internacionales.

La política de saneamiento del estado de São Paulo otorga la máxima importancia a la planificación con el objetivo de ofrecer un marco orientador a todos los organismos y partes interesadas del sector del agua. Como consecuencia, los gobiernos estatales y locales formulan planes de saneamiento regional y local por cuencas, que cubren el suministro de agua, la recolección y tratamiento de aguas residuales, el drenaje urbano y la recolección y disposición de residuos sólidos. Un importante avance en la planificación para el abastecimiento de agua y el saneamiento fue la decisión de incluir a toda el área metropolitana de São Paulo (la Macrometrópolis Paulista) en un plan de inversión integral.

El abastecimiento universal de agua está orientado a responder al crecimiento de población al tiempo que mantiene la alta cobertura de la red que ya se ha logrado; a aumentar la eficiencia en todo el sistema; a ampliar los servicios en las áreas que sufren deficiencias en el suministro; y proporcionar servicios en aquellas áreas que carecen de ellos. Estas dos últimas áreas incluyen a comunidades aisladas y zonas de riesgo ambiental que han sido construidas u ocupadas de forma precaria, como las *favelas*, y que necesitan intervenciones de urbanización comprensivas. En los últimos años, la mayoría de las inversiones han estado destinadas a ampliar la recolección y tratamiento de las aguas residuales; no obstante, se espera que la Macrometrópolis Paulista logre la cobertura universal de agua potable antes de 2020.



El estado ha elaborado una estrategia integral de control de la contaminación y de gestión de la calidad del agua para asegurar la protección y recuperación de las fuentes de abastecimiento. Estos esfuerzos se han apoyado en la legislación y en programas de inversión especiales. La estrategia general incluye varios programas para reducir niveles cada vez más inaceptables de contaminación en los ríos, los embalses y las aguas subterráneas. Los esfuerzos son coordinados en todo el ciclo del agua, incluyendo el drenaje urbano en las ciudades y la instalación de dispositivos de recolección y tratamiento de aguas residuales.

Según datos del último censo (2010), la proporción de viviendas en São Paulo que todavía carecen de acceso a servicios de agua y saneamiento es inferior al promedio de Brasil (cuadro 4.2) (IBGE, 2010). Las políticas del Gobierno del estado para mejorar las condiciones de vida para el 40 por ciento de la población más pobre (rehabilitación de las áreas de viviendas precarias) ha dado resultados tangibles puesto que la proporción de población sin acceso a redes de agua y alcantarillado es inferior a la del resto del país. En São Paulo, el déficit es de aproximadamente 170.000 viviendas sin conexión a la red de agua (5,4 por ciento del total del estado) y 630.000 viviendas sin conexión a la red de alcantarillado (20,2 por ciento del total del estado). Para todo Brasil, hay un déficit de más de 4,5 millones (22 por ciento) y 12 millones (59 por ciento) de viviendas sin conexión a la red de abastecimiento de agua y saneamiento, respectivamente.

SABESP, en su trabajo para lograr la cobertura universal de los servicios de saneamiento, ha encontrado cierta resistencia a la conexión voluntaria a la red de alcantarillado, debido al costo incremental de la inversión en el que incurren los hogares de bajos ingresos para reconfigurar el sistema de cañerías dentro de la vivienda, de modo que este descargue en la red pública. Para aliviar el peso financiero, el Gobierno del estado ha creado un programa dirigido a las familias pobres *-Se liga na Rede* (Conéctese a la red)-, que proporciona un subsidio a la inversión y gestiona el costo incremental de la inversión.

**Cuadro 4.2**

**Déficit en el acceso a servicios de saneamiento en São Paulo y Brasil (40 por ciento de la población más pobre)**

Región	Red de agua		Red de alcantarillado	
	Déficit	Porcentaje	Déficit	Porcentaje
São Paulo	169.487	5,4	629.947	20,2
Brasil	4.534.043	22,0	12.102.977	58,6

Fuente: Pena (2012, p. 150, adaptado del IBGE [2010])

**Marco de política pública e institucional**

La Constitución Federal de 1988 incluye como principio de política pública el derecho de todos los ciudadanos a servicios públicos esenciales y la obligación del Gobierno federal de garantizar que se cumple este derecho. En el caso de los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento, la Constitución asigna al Gobierno federal el derecho exclusivo de ‘crear directrices para el desarrollo urbano, incluido el saneamiento’ (artículo 22); definir áreas de competencia comunes a las tres jurisdicciones administrativas del país (federal, estatal y municipal) para promover mejores condiciones sanitarias (artículo 23) y combatir las causas de la pobreza

mediante la integración de los sectores desfavorecidos (artículo 23). El marco jurídico existente establece áreas de competencia para los tres niveles de gobierno. También contempla el carácter obligatorio del plan local de saneamiento y el establecimiento de órganos regulatorios, ambos bajo la responsabilidad del Gobierno del estado.

El financiamiento de las operaciones e inversiones de las compañías de agua y saneamiento del estado de São Paulo se sustenta en los ingresos por tarifas obtenidos por servicios asociados al abastecimiento de agua y la colecta y tratamiento de aguas residuales. Las tarifas son fijadas por un ente regulador estatal semiautónomo (ley n.º 11.445/97). Para aliviar la carga a los clientes que tienen bajos ingresos, se pueden utilizar también ciertos subsidios. Además, se pueden usar transferencias directas de fondos gubernamentales para garantizar la viabilidad financiera del proveedor del servicio. La regulación y supervisión de los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento han sido reforzadas tras la creación de incentivos positivos mediante el fomento de la participación del sector privado en el suministro de agua y saneamiento a finales de la década de 1980.

Hay dos leyes federales que han tenido un fuerte impacto en la regulación de los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento. La primera es la ley n.º 11.107 de 2005 relativa a la constitución de consorcios públicos y acuerdos de cooperación, que anula los contratos que transfieren las responsabilidades de planificación, regulación y supervisión de los servicios a las empresas de agua. La segunda es la ley n.º 11.445 de 2007, la cual establece directivas nacionales para los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento. Esta ley estipula que los contratos de servicios para el abastecimiento de agua y saneamiento deben cumplir las normas reguladoras y que se deben crear agencias regulatorias con independencia decisoria y autonomía administrativa.

Esta legislación innovadora ha sido importante porque permite: i) una mayor integración entre las empresas de abastecimiento de agua y saneamiento y otros proveedores de servicios; ii) la adaptación de las compañías a las normas regulatorias, y iii) la divulgación pública de información sobre los resultados y el desempeño de la compañía a los reguladores y los clientes. Los cambios en el marco legal han dado lugar a un ajuste en SABESP. Además, han estimulado la competencia por el mercado de servicios de agua en diferentes municipios, generando nuevas responsabilidades y obligaciones, pero también nuevas oportunidades de negocio para SABESP.

En São Paulo, estas leyes entraron en vigor en 2007 con la aprobación de una ley complementaria, la n.º 1.025/07, por la que se creaba la *Agência Reguladora de Saneamento e Energia do Estado de São Paulo* (ARSESP). Esta agencia tiene poderes de planificación, regulación y supervisión en los sectores de abastecimiento de agua y saneamiento y de energía, lo que ha creado un entorno ordenado y predecible para el desarrollo del sector en el estado.

Hay varias razones que justifican un marco regulatorio conjunto para los servicios de agua y saneamiento y de electricidad bajo la responsabilidad de una misma agencia. Entre ellas están las economías de escala, la posibilidad de combinar las actividades administrativas y financieras, así como compartir conocimientos institucionales y el aprendizaje intersectorial. La electricidad y el suministro de agua y saneamiento enfrentan efectivamente problemas conceptuales y operativos similares. Ambos sectores comparten la característica de tener una naturaleza monopólica, principalmente en lo que respecta a las redes de transporte y distribución. Para llegar a clientes individuales, ambos necesitan redes de infraestructura que serían muy costosas de duplicar. En consecuencia, un ente regulador enfrenta problemas conceptuales similares respecto a la eficiencia, la calidad de la gestión y la operación de estas dos redes.

La ARSESP tiene divisiones sectoriales y consejos operacionales (en los que participan los municipios) para electricidad y abastecimiento de agua y saneamiento. Su marco legal establece un mandato fijo, una gestión estable e independencia en la toma de decisiones, así como autonomía administrativa y financiera. La misión de la ARSESP es garantizar la estabilidad legal respecto a la implementación de la normativa y proporcionar seguridad jurídica a los contratos de concesión firmados por los municipios con los proveedores de servicios, así como supervisar la calidad del servicio, tal y como se contempla en el contrato de servicios. Más importante aún, la ARSESP es responsable de fijar las tarifas que se cobrarán por el servicio a los consumidores y de procesar las quejas que estos formulen. El presupuesto de la ARSESP es financiado con el 0.5 por ciento de los ingresos por las tarifas de electricidad, agua y saneamiento y por asignaciones del presupuesto del estado para cubrir los costos en personal.

La experiencia de Brasil en materia de regulación de las empresas públicas es que tanto los consumidores como las empresas de servicios salen beneficiados, particularmente porque la provisión de servicios de infraestructura, como son los de suministro de agua, saneamiento y electricidad, requieren de activos que se amortizan durante largos periodos de tiempo. Estos servicios dependen de decisiones de carácter técnico y deberían ser menos susceptibles a interferencias derivadas de decisiones políticas de corto plazo. El esquema regulatorio de la ARSESP está guiado por tres principios fundamentales: i) la *eficiencia* -las tarifas deben reflejar la eficiencia de cada servicio para cada cliente (tipo, conexión, localización geográfica, volumen, estatus socioeconómico); ii) la *equidad* -las tarifas deben estar determinadas según la capacidad de pago de cada categoría de cliente; y iii) la simplicidad -las categorías para clasificar a los clientes deben ser simples y fáciles de explicar a todos.

La distribución de agua está guiada por la Constitución de 1988 y la Ley del Agua aprobada en 1997 después de varios años de negociación. La Ley del Agua adoptó principios e instrumentos modernos de gestión, entre ellos: i) el agua es un bien público y un recurso natural con un valor económico; ii) en condiciones de escasez, se debe dar prioridad al consumo humano y animal; iii) los recursos hídricos deben ser gestionados por cuencas, integrando múltiples usos; y iv) la gestión del agua debe ser descentralizada, siguiendo el principio de subsidiariedad, y participativa. La ley creó la Agencia Nacional del Agua (ANA) con el mandato de implementar dicha ley, lo que incluye: i) la responsabilidad de administrar los derechos de agua y las tarifas de agua de ríos federales; ii) la clasificación de los ríos conforme a su uso; iii) la planificación estratégica de los recursos hídricos; y iv) la gestión del sistema de información de los recursos hídricos. Los estados tienen sus propias leyes del agua, que, en el caso de São Paulo, fueron aprobadas varios años antes que la ley federal. Además de la ANA, el marco institucional para la gestión de los recursos hídricos incluye al Consejo Nacional del Agua, los consejos de recursos hídricos a nivel estatal, los comités de cuencas y las agencias de cuencas. La intervención federal es necesaria para asignar los derechos de agua de los principales ríos que alimentan el sistema de abastecimiento de São Paulo. Esta condición presenta algunos problemas y conflictos potenciales por las demandas de los diferentes usuarios en distintas cuencas, ciudades y municipios que compiten por el recurso. Los ríos interestatales son controlados a nivel federal por la ANA.

La calidad del agua del estado de São Paulo es monitoreada por la Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), que opera una red de vigilancia de agua de superficie creada en 1974 como resultado de la ley n.º 118 de 1973 (CESTESB-Infoaguas, s.f.). Los programas de monitoreo de la calidad del agua deberían tomar en consideración el crecimiento poblacional e industrial, incluyendo la especialización y diversificación de la industria y la agroindustria. El objetivo es proporcionar incentivos

a los programas de control de la contaminación del agua, especialmente aquellos dirigidos a la calidad del agua en su fuente. Desde 1978, la CETESB ha divulgado datos sobre la calidad del agua en sus informes anuales (CETESB-Infoaguas, n.d.). Además de informar al público sobre los parámetros de calidad del agua y las condiciones ambientales en el estado, estos informes tienen varios objetivos, entre los cuales están: i) ayudar a determinar acciones de control de la contaminación y de mejora de la calidad del agua en ríos y lagos; ii) proporcionar información para formular políticas públicas; y iii) cooperar en la aplicación de las herramientas descritas en las políticas sobre recursos hídricos del estado. Según los informes anuales más recientes, los principales ríos del estado de São Paulo tienen agua con una calidad razonable en la parte de la cuenca aguas arriba; sin embargo, aguas abajo, desde el límite de São Paulo hacia otros estados, los ríos están desafortunadamente clasificados como de calidad extremadamente baja.

## **El papel de SABESP en la implementación de la política de agua y saneamiento de São Paulo**

SABESP es la mayor compañía de abastecimiento de agua y saneamiento en el continente americano. Según datos de 2012, la compañía suministraba agua a 27,7 millones de personas –de las cuales, 24,2 millones la recibían directamente y 3,5 millones mediante la venta al por mayor–, es decir el 67 por ciento de la población urbana del estado de São Paulo. La empresa opera 214 plantas de tratamiento de agua potable y 502 estaciones de tratamiento de aguas residuales. La red de distribución de agua y la red de alcantarillado tienen una extensión de 67.600 kilómetros y 45.800 kilómetros, respectivamente. El número de empleados es de aproximadamente 15.000 personas (SABESP, 2013).

Las inversiones en operación, mantenimiento y expansión en el área cubierta por SABESP son realizadas mediante concesiones municipales que duran de 30 a 40 años, dependiendo de su viabilidad económica y financiera. Bajo este esquema, SABESP opera directamente servicios de suministro de agua y saneamiento en 363 de los 645 municipios del estado de São Paulo y proporciona agua al por mayor a otros seis. De estos municipios, cinco también reciben servicios de alcantarillado de SABESP (SABESP, 2013).

En los municipios que no están cubiertos directamente por esta empresa mediante contratos de concesión, el Gobierno del estado apoya la implementación de políticas y acciones para mejorar y ampliar los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento conforme a los planes municipales. El Estado también proporciona apoyo técnico y financiero, especialmente para reducir el déficit de acceso a los servicios de saneamiento, a municipios con menos de 50.000 habitantes (aproximadamente 125 de los 645 municipios del estado).

Los avances logrados en la década pasada para alcanzar el acceso universal a agua y saneamiento han sido posibles gracias a una combinación de inversiones, determinación política y planificación efectiva. En los últimos diez años, más de 2,8 millones de personas han obtenido acceso a agua potable en áreas cubiertas por SABESP, sumando un total de 24 millones de personas con acceso en estas áreas. Ahora que casi se ha alcanzado el objetivo de universalización del abastecimiento de agua, la atención está en ampliar la captación y tratamiento de aguas residuales. Entre 2002 y 2013, el indicador de recolección de aguas residuales aumentó un 7 por ciento, lo que se tradujo en 4,8 millones de personas adicionales con acceso a este servicio. Actualmente, los servicios de alcantarillado llegan a aproximadamente 21,5 millones de personas (86 por ciento). El indicador de tratamiento de aguas residuales

también ha aumentado significativamente: desde el 62 por ciento en 2002 al 78 por ciento en 2013, en los municipios donde los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento son responsabilidad de SABESP.

Más aún, desde 2007 SABESP ha comenzado a proporcionar servicios de una forma más flexible gracias a las leyes federales y estatales que permiten: i) renovar con los municipios contratos de concesión que han expirado; ii) crear asociaciones público-privadas (APP), y iii) financiar y alquilar activos. La Ley del Estado n.º 1.025 permite a SABESP asociarse con el sector privado (p. ej., compañías con fines específicos) para procesos de licitación de proyectos, tales como nuevos sistemas de producción de agua, crear subsidiarias y trabajar en los sectores de energía y residuos. El objetivo de esta flexibilidad es lograr una mayor eficiencia en el sector de saneamiento. En 2010, SABESP firmó un acuerdo de concesión con el estado de São Paulo y la ciudad homónima para proporcionar servicios de abastecimiento de agua, saneamiento y tratamiento de aguas residuales en la ciudad de São Paulo. En ese entonces, el contrato representaba el 55 por ciento de los ingresos totales de la empresa.

### ***Inversiones para el acceso universal a servicios de agua y saneamiento***

Los planes de inversión en las áreas urbanas con titularidad legal del suelo donde SABESP opera, están estructurados de manera que completen la infraestructura necesaria para proporcionar el acceso universal a servicios de saneamiento. Los servicios de agua y tratamiento de aguas residuales ya han logrado la universalidad en 206 municipios, incluida toda la RMSP. Se espera que el objetivo de un acceso universal en el resto de los municipios donde SABESP tiene contratos de concesión se alcance como máximo en 2020 (SABESP, 2014). Para lograr los objetivos de acceso universal, la compañía ha aumentado considerablemente sus inversiones. La inversión promedio anual entre 2008 y 2011 fue de 2.200 millones de reales (a precios de 2012), más del doble que el promedio anual invertido entre 2004 y 2007, estimado en 1.000 millones de reales. En 2012 y 2013, la inversión anual fue de 2.500 y 2.700 millones de reales respectivamente, y en los años siguientes se espera que esas inversiones aumentaran más.<sup>3</sup> El plan de inversión de SABESP cubre una cartera de programas dirigidos a lograr dos objetivos de desarrollo: i) garantizar la seguridad del abastecimiento de agua; y ii) conseguir la cobertura universal de los servicios de saneamiento y controlar la contaminación con infraestructura adecuada para la recolección, tratamiento y disposición ambientalmente segura de las aguas residuales (SABESP, 2014).

La mejora de los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento no se puede lograr sin reducir los niveles de contaminación en los embalses, los ríos y las aguas subterráneas que suministran agua a la RMSP. Esta es una alta prioridad para la que el Gobierno del estado creó el programa *Vida Nova/Mananciais* (Vida Nueva/Manantiales). El programa ha sido diseñado para mejorar la calidad de vida de la población que vive cerca de estas fuentes de agua y es un ejemplo típico de un programa integral de cooperación llevado a cabo por varias agencias gubernamentales. La primera fase del programa proporciona intervenciones en materia de saneamiento, urbanización, infraestructura urbana y construcción de viviendas, parques y áreas recreativas en 43 áreas de *favelas* o de hogares de bajos ingresos alrededor de los embalses de Guarapiranga y Billings, dentro de la RMSP. La inversión total es de unos 1.300 millones de reales, financiados por los gobiernos federal, estatal y municipal, la Compañía de Desarrollo Habitacional y Urbano (CDHU), SABESP y el Banco Mundial. Se está llevando a cabo, además, una ampliación del programa con financiamiento adicional para mejorar un número mayor de *favelas*.

Por último, la RMSP ha enfrentado una grave escasez de agua. La distribución de agua desde las cuencas que tradicionalmente han abastecido a la región no puede responder a la creciente demanda de la población y la actividad económica. Como resultado, SABESP debe considerar nuevas fuentes de agua que están sujetas a autorizaciones legales complejas, acuerdos con otros usuarios y altos costos de inversión. Además de los proyectos orientados a aumentar el suministro de agua, SABESP se ha dedicado a controlar la demanda de agua mediante programas dirigidos a reducir las pérdidas de agua, alentar el uso racional del recurso y promover su reutilización. En la secciones que siguen, se ofrece un resumen de los principales programas orientados al agua potable y al saneamiento, y se presentan sus consideraciones financieras.

### ***Programas para asegurar el suministro de agua***

#### *Programa Metropolitano de Agua*

El objetivo de este programa es garantizar el suministro de agua potable para la RMSP. La demanda de agua en la RMSP es de aproximadamente 60 m<sup>3</sup>/s, pero supera los 80 m<sup>3</sup>/s cuando se considera toda la cuenca alta del río Tietê. El programa tiene por objetivo aumentar la capacidad de producción, transporte y distribución de agua en 13,2 m<sup>3</sup>/s para 2020. Mejorar la calidad del agua tratada es también una importante meta de la política pública. Para ello, se acordó una inversión de 1.700 millones de reales, con financiamiento de la *Caixa Econômica Federal* (CEF), que administra el *Fundo de Garantia do Tempo de Serviço*.<sup>4</sup> Este programa abarca la APP del Sistema Productor del Alto Tietê y el Sistema Productor del São Lourenço. El proyecto del Alto Tietê concluyó en 2011 y permitió al sistema productor que lleva su nombre aumentar la capacidad de tratamiento de agua de 10 a 15 m<sup>3</sup>/s. El Sistema Productor del São Lourenço, situado a 80 km del Gran São Paulo, tendrá una capacidad de producción de 5 m<sup>3</sup>/s y dará servicio a casi 1,5 millones de personas. Se espera que comience a funcionar en 2018 (SABESP, 2014).

#### *Programa de Agua en el Litoral*

El objetivo de este programa es aumentar la producción de agua, mejorar su calidad, incrementar la capacidad de conducción de agua y mejorar la capacidad de agua regenerada en el área metropolitana de la Baixada Santista. La región costera de São Paulo (Baixada Santista) tiene una población de aproximadamente 1,7 millones de personas en nueve municipios, pero la población llega a 3,6 millones durante la temporada estival. La inversión necesaria para aumentar la capacidad de suministro de agua en 3,2 m<sup>3</sup>/s ha sido estimada en aproximadamente 500 millones de reales.

#### *Programa Corporativo de Reducción de Pérdidas de Agua*

El Programa Corporativo de Reducción de Pérdidas de Agua comenzó en 2009 con el objetivo inicial de reducir las pérdidas de aproximadamente el 35 por ciento al 22 por ciento para el año 2019. En 2011, el nivel de agua no facturada era del 35,6 por ciento (Pena, 2012). SABESP comenzó este programa, que fue impulsado mediante un acuerdo de cooperación internacional con la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA, por sus siglas en inglés), en 2012.

### *Programa para el Uso Racional del Agua Limpia y Regenerada*

El Programa para el Uso Racional del Agua Limpia y Regenerada está dirigido a reducir el consumo de agua entre los mayores usuarios, especialmente en el sector público. El agua regenerada es producida mediante el tratamiento de aguas residuales y, al margen del uso doméstico, su utilización está limitada, por ejemplo, al enfriamiento industrial y de plantas generadoras de energía. SABESP ha comenzado a ampliar la producción de agua regenerada. Un proyecto relacionado con este programa, implementado en 2012, es el Proyecto Ambiental Aquapolo, que proporciona agua regenerada al complejo petroquímico de la ciudad de Mauá. Actualmente, hay disponibles 450 l/s de agua regenerada y la perspectiva es que esta cifra aumente a 1.000 l/s para 2020 (SABESP, 2014).

### *Programa para lograr la cobertura universal de servicios de saneamiento*

Crear la infraestructura para recolectar, transportar y tratar las aguas residuales es más retador que para el suministro de agua potable. El mercado donde opera SABESP es un territorio amplio de localidades dispersas, con un gran número de pequeñas localidades rurales y ciudades de tamaño medio, así como la propia RMSP, que tiene 20 millones de habitantes. La universalización de la captación y el tratamiento de las aguas residuales permitiría recuperar y reducir progresivamente escorrentías contaminadas que van a los cuerpos de agua. Con el proyecto del Tietê, SABESP ha trabajado para descontaminar el río Tietê durante más de 22 años; este es el proyecto de estructura hídrica más importante y de mayor duración en la RMSP y está dirigido a proporcionar servicios de recolección y tratamiento de aguas residuales para 20 millones de personas. Sus acciones son complementadas con el programa *Córrego Limpo* (Corriente Limpia), cuyo objetivo es limpiar numerosos cuerpos de agua; el programa *Onda Limpa* (Ola limpia), que limpia el agua de superficie de las áreas costeras de São Paulo; los programas *Mananciais/Vida Nova* (Manantiales/Vida Nueva) y Liga na Rede (Conéctese a la Red), mencionados anteriormente, y *Água é Vida* (Agua es Vida), que proporciona tratamiento de aguas residuales para comunidades con bajos ingresos. Los programas de Ola Limpia y Corriente Limpia se presentan más abajo.

### *El Programa de Descontaminación del Río Tietê*

Este programa comenzó en 1992 para limpiar el tramo superior del río Tietê, que por entonces estaba muerto biológicamente. Esta es la mayor inversión de SABESP en un programa de saneamiento. El programa está dividido en cuatro etapas para un periodo total de 28 años y la inversión total prevista es de 4.500 millones de dólares. Cuando se termine el proyecto del Tietê, la infraestructura instalada podrá tratar las aguas residuales generadas por 18 millones de personas y evitará la descarga de 1.030 toneladas diarias de desechos orgánicos en los ríos de la RMSP. La primera y la segunda fase del proyecto, que fueron completadas en 2008, fueron diseñadas para ampliar el sistema de alcantarillado y aumentar la capacidad de tratamiento de aguas residuales. La cobertura de recolección de aguas residuales aumentó del 70 por ciento al 84 por ciento de la población de la RMSP, mientras que el tratamiento creció del 24 por ciento al 70 por ciento de las aguas residuales recolectadas. Más de 8,5 millones de personas del área metropolitana tienen ahora acceso a la captación y tratamiento de aguas residuales como resultado de este proyecto. La infraestructura construida en los últimos 19 años equivale a dar servicio a una ciudad del tamaño de Londres.

La tercera fase del proyecto comenzó en 2010, con una inversión de 2.000 millones de dólares, financiados por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el Banco Nacional de Desarrollo Económico y la CEF. El objetivo es proporcionar servicios de recolección de aguas residuales a más de 1,5 millones de personas y tratamiento de aguas residuales a 3 millones de nuevos habitantes que viven en áreas periféricas de la RMSP, que son las que tienen las tasas más altas de crecimiento de población. En 2016, una vez completadas las tres fases, 11,5 millones de personas del área metropolitana dispondrán de servicios de saneamiento integrales (SABESP, 2014).

SABESP está ahora planificando la cuarta fase del proyecto del Tietê, con una inversión estimada en 4.000 millones de dólares. Esta última fase prevé trabajos para: i) considerar ajustes y la ampliación del sistema de recolección y transporte de aguas residuales existente en la región central de la RMSP, y ii) considerar la implementación de nuevas redes en las áreas periféricas remotas con bajos ingresos de la RMSP. Esta etapa será muy compleja. Necesitará grandes cantidades de recursos financieros para expropiar el suelo y la reurbanización. El objetivo de la cuarta fase es aumentar el nivel de recolección de aguas residuales, al 95 por ciento de la población para 2018 y al 100 por cien para 2024, en las ciudades de la región metropolitana donde opera SABESP.

### *Programa Corriente Limpia*

Este programa es desarrollado en colaboración con el Gobierno de la ciudad. El objetivo es limpiar los principales ríos de la ciudad de São Paulo (Tietê y Pinheiros) mediante la mejora del sistema de alcantarillado y la eliminación de las descargas de aguas residuales sin tratar en los cauces de estos ríos. El programa también cubre la limpieza de las márgenes de los ríos y arroyos, y el desalojo y reasentamiento de la población que ocupa las orillas. Entre 2007 y 2013, se limpiaron 146 arroyos en la capital, beneficiando a casi 2 millones de personas. Hasta diciembre de 2014, se esperaba limpiar 20 arroyos adicionales. Un estudio reciente mostró que la calidad del agua de los ríos ha mejorado en 49 puntos de muestreo.

### *Programa Ola Limpia*

Este programa se centra en la limpieza de ríos y canales en las zonas costeras del estado y la mejora de las playas y las áreas que las circundan. Se espera que estas intervenciones beneficien a la industria del turismo y, en consecuencia, a la economía regional. En la costa de Santos (Baixada Santista), las actividades comenzaron en 2007 y fueron completadas en 2013, con una inversión total de 1.900 millones de reales. SABESP está ahora trabajando en la segunda fase del proyecto, estimada en 700 millones de reales, cuyo objetivo es recolectar y tratar las aguas residuales en todas las ciudades de la Baixada Santista para lograr una cobertura del 88 por ciento para 2018. En la región del litoral norte del estado, el objetivo del programa es incrementar la captación y tratamiento de aguas residuales en las ciudades de Caraguatatuba, Ilhabela, São Sebastião y Ubatuba del nivel actual, que es el 49 por ciento, al 85 por ciento para 2015. Esto requiere una inversión de 500 millones de reales. Antes de comenzar el programa, solo el 30 por ciento de la población tenía acceso a la recolección y tratamiento de aguas residuales. Unas 600.000 personas se beneficiarán de esa inversión, tanto residentes como turistas.

### *Programa Vida Nueva*

Este programa fue establecido en 2008 para recuperar y proteger las represas que suministran agua a la RMSP y que están rodeadas de áreas de viviendas informales.



Esto implica intervenciones en 43 favelas en la zona más al sur de las subcuencas de Garapitaranga y Billings. El programa beneficiará a 50.000 familias. La responsabilidad de SABESP en ese proyecto es ampliar y mejorar los sistemas de agua y alcantarillado. Se espera que el programa esté completado en 2015, con una inversión total de 1.600 millones de reales. Los fondos provienen de diferentes fuentes: SABESP, los gobiernos federal, estatal y local, la CDHU y el Banco Mundial.

### *Sostenibilidad financiera*

El desempeño de SABESP está estrechamente ligado a una gestión financiera sólida. La compañía utiliza sus propios fondos y una gestión sensata de la deuda para financiar sus planes de inversión. La mayoría de su deuda (60,2 por ciento) ha sido contraída con organismos oficiales de gobiernos locales y extranjeros, así como con organizaciones multilaterales. El menor costo de la deuda a largo plazo ayuda a extender los plazos de los reembolsos y minimizar la presión sobre el flujo de caja de la compañía (SABESP, 2014). El mercado ha reconocido la eficiencia y el desempeño de la compañía durante años. En 2011, Standard & Poor's aumentó la calificación crediticia global de SABESP de BB a BB+ y aumentó su calificación nacional de brAA a brAA+. Esto significa que la calificación de riesgo de SABESP disminuyó, permitiendo, por tanto, a la compañía tomar prestado dinero a tipos de interés más bajos. La perspectiva para ambas calificaciones era 'positiva' desde entonces y hasta mayo de 2014, cuando la agencia revisó la calificación para bajarla a 'estable' como consecuencia del impacto financiero que se esperaba que tuviera la larga sequía que afectó a la RMSP. Antes de este ajuste, SABESP y el Gobierno del estado implementaron un programa para alentar un descenso del consumo de agua por parte de los clientes, a los que ofrecieron un descuento del 30 por ciento de la factura si reducían su consumo en un 20 por ciento. Se esperaba que esta medida redujera los ingresos netos en 2014 (Reuters, 2014).

## **Conclusiones**

Los avances logrados en el sector de abastecimiento de agua y saneamiento de Brasil en los últimos 50 años son indiscutibles, pese a que se han cometido algunos errores y a los desafíos pendientes que aún hay que afrontar. Los logros son aún más impresionantes si se compara con los países del mundo desarrollado, que han necesitado 150 años para lograr redes con niveles de cobertura similares. En las cinco últimas décadas, las presiones que han ejercido el crecimiento urbano y de población han llevado a una expansión acelerada de la infraestructura, a la creación de nuevas instituciones, al desarrollo de capital humano y a cuantiosos gastos e inversiones. Por supuesto, hay todavía retos importantes, de los cuales, los dos principales que enfrentará el estado de São Paulo en los próximos años serán aumentar el servicio para los grupos desfavorecidos de las áreas urbanas y rurales, y revertir el intolerable deterioro ambiental y la contaminación del agua que afectan a la salud y la calidad de vida en general.

El Plan Nacional de Saneamiento (PLANASA) implementado durante el periodo del 'milagro económico brasileño' desde principios de la década de 1960 se basaba en la premisa de que, cuando llegara el momento, las compañías de agua y saneamiento estatales serían financieramente autosuficientes a medida que incrementaran la escala de sus operaciones, serían más eficientes y cobrarían tarifas adecuadas por sus servicios. Si bien la escala de sus actividades aumentó, la eficiencia y las tarifas no siguieron el plan. En realidad, estas compañías tuvieron que reducir el gasto y, como consecuencia, empeoró la calidad del servicio. La terminación del modelo del

PLANASA, 30 años después, tras el colapso de la economía brasileña en la década de 1990, fue inevitable por la limitada capacidad de pago de las compañías, su abultada deuda y la ausencia de nuevo financiamiento.

Después de la supresión gradual del PLANASA por el Gobierno federal, los Gobiernos estatales adoptaron diferentes estrategias: algunos de ellos intentaron otorgar concesiones al sector privado y otros devolvieron la operación de los servicios a los municipios. São Paulo se encuentra entre los estados que optaron por una compañía de agua estatal fuerte, con una estructura de capital mixto y otras formas de participación del sector privado para garantizar su mandato público, rompiendo con la noción falsa de que el sector del agua y saneamiento no puede usar fondos privados para alcanzar objetivos de políticas públicas. Esta opción ha tenido elementos favorables. Por ejemplo, contrariamente a muchos otros proyectos de infraestructura en Brasil, el proyecto del Tietê continuó durante periodos de hiperinflación, crisis financieras y cambios de líderes políticos. Esto muestra una base sólida para el éxito, basado en la aceptación social y las realidades del mercado.

Los objetivos de desarrollo relativos al abastecimiento de agua y saneamiento para los próximos años son ambiciosos y serán difíciles de lograr en términos de complejidad técnica, costos e implicaciones sociales y ambientales (SABESP, 2014). Será necesario aumentar el ritmo de inversión en el sector a más de 2.500 millones reales anuales (12.800 millones de reales en el periodo 2014-2018). El mayor desafío para las políticas públicas será equilibrar las tarifas de agua y saneamiento, mejorar la eficiencia y optimizar los planes de inversión. La compañía necesitará directivas regulatorias acertadas que estén respaldadas por una amplia participación de la sociedad civil para que sean política y financieramente viables. Finalmente, se deberá reforzar la implementación de medidas no estructurales, como la conservación y reutilización del agua.

La universalización de los servicios es una expresión crítica del desarrollo que refleja las aspiraciones fundamentales de una sociedad. Los servicios universales son el resultado de un consenso político, que nunca es fácil de alcanzar. Por ese motivo, se necesita una política de planificación sectorial apoyada por el Gobierno central que incluya objetivos de desarrollo claros, una política financiera sólida y transparente y estímulos para una operación eficiente, que además esté guiada por la regulación pública. El sector necesita también empresas de servicios innovadoras y bien estructuradas que busquen las mejores soluciones tecnológicas para cada demanda y empleen las mejores prácticas empresariales para gestionar sus operaciones y sus activos. Todo esto debe darse en un entorno que incluya amplias consultas con los ciudadanos y su participación activa. Esta es la base para unos servicios de saneamiento universales en Brasil y, de hecho, en cualquier otro lugar.

## Notas

- <sup>1</sup> Este capítulo se basa considerablemente en un ensayo publicado por la autora en 2012 (Pena, 2012). Los editores agradecen a la autora y a CAF haber dado su autorización para la reutilización de este material.
- <sup>2</sup> La autopurificación de un sistema de agua natural es un proceso complejo que, con frecuencia, implica procesos físicos, químicos y biológicos que se dan simultáneamente y resultan en una mejor calidad del agua río abajo.
- <sup>3</sup> El 14 de marzo de 2014, la tasa de cambio era de 2,36 reales brasileños por un dólar de los Estados Unidos de América (USD). Un año antes, era de 1,96 reales (The Economist, 15 de marzo, p. 84). Entre 2010 y 2013, la tasa de cambio fluctuó entre 1,6 y 2 reales, en promedio, por cada dólar.
- <sup>4</sup> El fondo de pensiones de los empleados del sector público.

## Referencias

- ANA (Agência Nacional de Águas) (2005). *Cadernos de recursos hídricos: disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil*, SPR, Brasil.
- ANA (2006). Plano nacional de recursos hídricos, Brasília, consultado el 8 de junio de 2014: [www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/planejamento/planoderecursos/pnrh.aspx](http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/planejamento/planoderecursos/pnrh.aspx)
- CERH (Conselho Estadual de Recursos Hídricos) (2006). *Plan estadual de recursos hídricos 2004/2007: resumo*, DAEE, São Paulo.
- CETESB-Infoaguas (s.f.). “Sistema de informação Info ÁGUAS”, consultado el 5 de junio de 2014, [www.cetesb.sp.gov.br/agua/infoaguas/131-sistema-de-informacao-infoaguas](http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/infoaguas/131-sistema-de-informacao-infoaguas)
- Falkenmark, M. y Lindh, G. (1976). “How can we cope with the water resources situation by the year 2015”, *Ambio*, vol. 3, pp. 114-22.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia y Estadística) (2010). Censo 2010, consultado el 31 de marzo de 2014: <http://censo2010.ibge.gov.br>
- IBGE (2013). “Estimativas populacionais para os municípios brasileiros em 01.07.2013”, consultado el 7 de junio de 2014, [ftp://ftp.ibge.gov.br/Estimativas\\_de\\_Populacao/Estimativas\\_2013/estimativa\\_2013\\_dou.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2013/estimativa_2013_dou.pdf)
- IISD (2012). *Sustainable public procurement in the São Paulo state government: An in-depth case study: TKN report*, International Institute for Sustainable Development, São Paulo.
- Pena, D. (2012). “The technical and management perspective: Social demands, longterm actions an efficient management in São Paulo”, en A. Mejía Betancourt y M. Pardón (eds.), *Equity and social inclusion in Latin America: Universal access to water and sanitation*, serie Reflexiones sobre Políticas Sociales y Ambientales, CAF-Banco de Desarrollo de América Latina, Caracas.
- Reuters (2014). “Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo”, consultado el 8 de junio de 2014, [www.reuters.com/finance/stocks/overview?symbol=SBSP3.SA](http://www.reuters.com/finance/stocks/overview?symbol=SBSP3.SA)
- SABESP (2013). “Financial statements as of and for the years ended december 31, 2012 and 2011”, consultado el 7 de junio de 2014, [www.sabesp.com.br/sabesp/filesmng.nsf/AA66690C7304BD5E83257B4F006BC343/\\$File/Sabesp\\_ITR\\_4Q12.pdf](http://www.sabesp.com.br/sabesp/filesmng.nsf/AA66690C7304BD5E83257B4F006BC343/$File/Sabesp_ITR_4Q12.pdf)
- SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo) (2014). “Sustainability report 2013”, consultado el 7 de junio de 2014, [www.sabesp.com.br/sabesp/filesmng.nsf/376A20693D2B063683257CD70054D2AF/\\$File/RS\\_ingles\\_final.pdf?OpenElement](http://www.sabesp.com.br/sabesp/filesmng.nsf/376A20693D2B063683257CD70054D2AF/$File/RS_ingles_final.pdf?OpenElement)
- SPDR (Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Regional) (2011). “Plano Plurianual 2012-2015”, consultado el 7 de junio de 2014, [www.planejamento.sp.gov.br/noti\\_anexo/files/PPA\\_2012-2015\\_vol-I.pdf](http://www.planejamento.sp.gov.br/noti_anexo/files/PPA_2012-2015_vol-I.pdf)

## 5 Los servicios de agua en Lima, Perú

### Comprendiendo los vínculos entre el desarrollo urbano, la desigualdad social y el agua

*Antonio A. R. Ioris*

#### Introducción

El sistema de abastecimiento de agua de Lima es uno de los más complejos y retadores en América Latina, y así ha sido desde principios del siglo XVI, cuando la ciudad fue fundada por los españoles en el árido litoral peruano, en un área con ríos pequeños y pocas lluvias. En el siglo XX, la expansión caótica de la ciudad, causada en gran medida por la migración interna desde áreas rurales, exacerbó la escasez de agua de Lima. En las últimas décadas, el suministro de servicios de agua en la ciudad ha estado también comprometido por la falta de inversión, un mantenimiento inadecuado, fallos operacionales y cambios en los compromisos políticos, que han tenido como resultado la formación de ‘cuellos de botella’ en materia de infraestructura.

Desde principios de la década de 1990, los sucesivos gobiernos nacionales pusieron en marcha una serie de programas de inversión en agua y saneamiento al tiempo que realizaban reformas macroeconómicas y obtenían apoyo internacional para la modernización de Perú. Sin embargo, la escasez de agua y las disparidades socioespaciales persisten pese a las mejoras institucionales y operacionales en los servicios públicos de agua de Lima. Las iniciativas de inversión han producido resultados desiguales y, más que resolver los problemas de gestión del agua, han agudizado un patrón de desigualdad y privilegios: los servicios de agua en las áreas pobres de Lima son peores que en las áreas ricas de la ciudad.

Según los indicadores de desempeño presentados por el Banco Mundial (2009), entre 1994 y 2008, se logró una mejora considerable de los servicios de agua y alcantarillado en Lima. La cobertura de agua pasó de servir al 79 por ciento de la población al 91 por ciento; el alcantarillado aumentó del 71 por ciento al 90 por ciento y la continuidad del servicio se amplió de 11,5 horas diarias en 1995 a 21,5 horas diarias en 2008. Sin embargo, estas cifras ocultan grandes disparidades en la calidad del servicio. Casi la mitad de la población recibe agua poco segura y aproximadamente medio millón de personas, que viven principalmente en las áreas periurbanas más necesitadas de Lima, todavía tienen que comprar a vendedores privados agua a un precio doce veces superior al que pagan quienes reciben el agua de proveedores del servicio público (AFIN, 2013).

Para muchos de los residentes más pobres de Lima, el problema del agua representa una lucha diaria. Esta población debe recurrir a estrategias creativas de adaptación para disponer de una cantidad mínima de agua para el consumo del hogar. Incluso en áreas que actualmente están servidas por empresas públicas de agua, la calidad y fiabilidad del servicio es normalmente inferior al que existe en las áreas de altos ingresos de la ciudad. Esto sugiere que, en el sector de servicios de agua de Lima, siguen arraigadas condiciones de discriminación e integración social parcial de larga data.

Este capítulo considera las relaciones que existen y que se refuerzan mutuamente, entre el desarrollo urbano desigual e injusto, las privaciones múltiples y las asimetrías socioespaciales en Lima. Además, repasa los desafíos del agua urbana en el contexto más amplio de la megaciudad latinoamericana para demostrar que la situación del agua en Lima, causada por múltiples factores, entre ellos el desarrollo urbano desigual y la selectividad de las políticas macroeconómicas, no es única. El capítulo expone los logros limitados de las iniciativas convencionales que ha adoptado el sector público a la luz de las demandas crecientes de la población. Concluye examinando cómo los problemas de agua de Lima, especialmente en la periferia de la ciudad, han estado exacerbados por un tratamiento desigual de las diferentes clases socioeconómicas de la ciudad –un tratamiento que ha tenido como consecuencia una escasez de agua inducida.

Hacia el final del capítulo, se presentan datos primarios y secundarios obtenidos mediante un trabajo sobre el terreno llevado a cabo por el autor en 2009, que incluyó investigación etnográfica en tres lugares: Pachacútec, Huaycán y Villa El Salvador (figura 5.1). Esta investigación inicial del autor continuó en años posteriores con un segundo trabajo sobre el terreno llevado a cabo en Lima en 2013. El trabajo de campo se centró en los intereses y los patrones de comportamiento en los lugares geográficos mencionados; los comportamientos de los grupos de interesados en esos lugares y los marcos institucionales en los que operan.

## **La dinámica de la escasez de agua**

Antes de abordar la experiencia concreta de Lima, es preciso revisar brevemente la base ontológica de la escasez y la abundancia. La ‘escasez de agua’ no es una situación a la que se llega de manera aislada; puede verse reforzada o mitigada por la intervención humana. El principal factor que determina la escasez de agua, además de la disponibilidad física real del recurso, es cómo esa agua es gestionada cuando existen usos múltiples que compiten por los recursos hídricos. Las respuestas de la sociedad a la escasez de agua reflejan las asimetrías de poder y las desigualdades sociales.

Se debería reconocer la escasez de agua como una frase muy politizada que reúne los elementos de demanda social y disponibilidad del recurso hídrico. Gran parte de la política pública contemporánea es en realidad el fruto de la ‘dialéctica de la escasez’ (Panayotakis, 2003), al considerar que la escasez sirve de justificación no solo para grandes obras de infraestructura, sino también para la adopción de políticas de desarrollo y de conservación ambiental basadas en el mercado. Los instrumentos regulatorios estándar adoptados generalmente por las agencias de agua de todo el mundo –licencias de agua, tarifas a los usuarios, sistema de apoyo a las decisiones y pagos por servicios ecosistémicos– pueden racionalizarse hasta cierto punto bajo la lente de la escasez (Ioris, 2010). Al limitar el análisis de los asuntos sobre gestión del agua a un equilibrio más bien utilitario entre la oferta y la demanda, la política pública dominante descuida con frecuencia el constructo social de la escasez de agua; por

ejemplo, las múltiples interacciones y disputas entre grupos sociales con fuerzas políticas desiguales que resultan en la apropiación de los recursos, las inversiones y las políticas por parte de los sectores más fuertes de la sociedad.

Las insuficiencias de los servicios públicos de Lima continúan sin solución pese a los avances en algunas zonas de la ciudad y en el funcionamiento de la empresa pública. Este capítulo mostrará que el discurso sobre la escasez del agua sigue siendo un motor de las intervenciones gubernamentales y las políticas públicas, y un promotor poderoso de las reformas en materia de gestión, préstamos extranjeros y proyectos de cooperación. Más aún, la escasez de agua va más allá de la insuficiencia física del recurso y refleja la inadecuación a largo plazo de las instituciones sociales dedicadas a la asignación y uso del agua (Ioris, 2012b).

### Figura 5.1

**Región metropolitana de Lima, incluyendo las áreas construidas (verde oscuro), los principales ríos y la ubicación de los tres estudios de caso**



Fuente: Ioris (2012b, p.270)

### El aumento de la escasez en el inestable espacio urbano de Lima

En tiempos coloniales, el acceso al agua en Lima estaba limitado a las clases altas. En 1556, por ejemplo, el Juzgado Privativo de Aguas fue establecido para resolver las disputas sobre agua entre la nobleza local, el clero y las industrias artesanales. Este sistema se mantuvo en gran medida durante casi tres siglos. En las décadas que

siguieron a la independencia, en 1824, Lima era un centro administrativo relativamente pequeño responsable de una sociedad abrumadoramente rural. La provisión de servicios públicos de agua comenzó en la década de 1850, con la repentina, pero breve, disponibilidad de capital de inversión lograda por la bonanza del guano (SEDAPAL, 2003). Por entonces, Lima era conocida como la 'ciudad jardín' debido a las áreas verdes del valle irrigadas por el río Rímac, que fueron creadas a partir del sistema original de distribución de agua de los Incas.

Con la eliminación de los muros de la ciudad en 1872, Lima comenzó a expandirse en las áreas circundantes. A principios del siglo XX, tenía unos 100.000 habitantes, equivalentes al 4 por ciento de la población del Perú. Poco a poco, la ciudad fue atrayendo más y más personas que buscaban trabajo y oportunidades económicas. Entre 1950 y 1980, se dio el principal periodo de expansión de Lima, un periodo durante el cual el crecimiento fue superior al 5 por ciento anual. Debido al lento ritmo de inversión en viviendas asequibles para los inmigrantes pobres, surgió una 'ciudad informal' dentro de Lima y alrededor de sus áreas urbanas centrales, en parte porque esas áreas ya tenían alguna infraestructura razonable de agua (Calderón Cockburn, 2005).

### **La evolución de la ciudad informal**

Históricamente, la mayoría de las personas que migraban a Lima conseguían encontrar alojamiento en *tugurios* (áreas de viviendas precarias), establecidos en casas abandonadas en el centro de la ciudad. Sin embargo, a partir la mitad de la década de 1950, la *barriada* se convirtió en la principal opción para la población inmigrante (Barreda y Ramírez Corzo, 2004). La *barriada* (de la palabra barrio) es una forma de urbanización para la cual primero se obtiene una parcela de terreno, usualmente ocupándolo de manera ilegal, para después construir la vivienda, normalmente sin servicios urbanos como el de agua, el cual se podría obtener más tarde. En 1961, el 17 por ciento de la población de Lima vivía en barriadas y el 30 por ciento en tugurios; entre 1960 y 1968, surgieron 111 nuevas barriadas, especialmente en el Cono Norte (Calderón Cockburn, 2005). La distinción entre barriada y tugurio se volvió confusa con el desarrollo de barriadas en áreas centrales y de tugurios en el interior de las barriadas (Sánchez León et al., 1986).

En 1968, una nueva legislación dispensó de la necesidad de disponer del título de propiedad como requisito para la provisión de agua, lo que facultó a algunas barriadas a acceder al abastecimiento público de agua incluso sin tener la titularidad del suelo y sirvió como incentivo para consolidar y promover las barriadas como una solución de facto a la falta de viviendas en Lima. Poco después, el Gobierno Peruano cambió el nombre de barriadas por el de *pueblo joven* y, en 1974, se contaban 371 asentamientos de este tipo en Lima, que a finales de los años setenta, albergaban aproximadamente a 1,5 millones de personas (Calderón Cockburn, 2005).

Lima ha ido creciendo en tres direcciones conocidas como el Cono Norte, el Cono Sur y el Cono Este. En la década de 1980, la expansión de Lima se concentró en el Cono Este (anteriormente lo había hecho en el Sur), así como en los límites de los otros conos. La mayoría de los nuevos residentes ya no eran migrantes del Perú rural sino que procedían de barriadas más antiguas donde la disponibilidad de suelo era cada vez más escasa. Durante la década de 1990, las políticas adoptadas como parte de las reformas promovidas por la Administración de Fujimori reforzaron la larga tendencia de crecimiento económico acompañada por una inclusión social únicamente parcial, que ha caracterizado históricamente el desarrollo de Lima. La formación continua de barriadas se convirtió en una política urbana tácita empleada para abordar la expansión de la ciudad con una inversión limitada del Gobierno

(Calderón Cockburn, 2005). Durante más de cinco décadas, el perímetro urbano de Lima se ha ido ampliando, con escasez de servicios urbanos, incluidos los de agua y saneamiento, sirviendo como un mediador clave de las relaciones sociales (Caria, 2008). Las barriadas antiguas y nuevas se han convertido en prácticamente la única alternativa para los recién llegados y los residentes de segunda generación (Portes y Roberts, 2005).

### **Servicios de agua**

En 1962, los servicios públicos de agua de Lima fueron reorganizados como una empresa metropolitana a cargo de la gestión general del servicio y de los proyectos de inversión de gran escala. Veinte años después, en 1981, con el restablecimiento de la democracia en Perú, la empresa pública de agua de Lima recibió su nombre actual, Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL). En esa época, las campañas a favor de un mejor acceso al agua motivaron la mayor parte de las protestas comunitarias. En la década de 1980, aproximadamente el 20 por ciento de los residentes de Lima dependían de vendedores privados de agua, el 40 por ciento de los residentes con acceso al servicio público tenía un abastecimiento intermitente y más del 50 por ciento del agua tratada se perdía debido a fugas y a conexiones ilegales (Zolezzi y Calderón, 1987).

Los fallos de SEDAPAL y la aparición de una epidemia de cólera en Perú en 1991 dieron el ímpetu necesario para incluir a esta empresa en la lista de compañías públicas a privatizar. SEDAPAL estaba considerada como una empresa con un inadecuado mantenimiento del sistema, un alto nivel de agua no contabilizada, un exceso de personal, bajas tasas de medición y mala calidad del agua -una crítica considerable (Corton, 2003). La preparación de la privatización de SEDAPAL incluyó un amplio programa de inversión. El Banco Mundial y otros organismos reunieron un paquete financiero de 600 millones de dólares para rehabilitar la red de conducciones, ampliar las conexiones, instalar medidores y mejorar la eficiencia de SEDAPAL (Alcázar et al., 2000). Tres consorcios internacionales se precalificaron para participar en el proceso de licitación en noviembre de 1994, pero el proceso de privatización fue aplazado muchas veces y finalmente cancelado en 1997. La principal razón del aplazamiento era que el presidente no se podía permitir el precio político de la privatización, particularmente cuando su popularidad estaba cayendo en el país, y Lima era uno de los principales bastiones de su campaña para la reelección.

Además de la decisión de no privatizar los servicios de agua de Lima, SEDAPAL amplió un programa de recuperación operacional y expansión de la infraestructura durante la década de 1990 que recibió una cantidad considerable de fondos públicos. Inicialmente, el programa estaba dirigido a reducir las fugas y la demanda de agua mediante la instalación de medidores y un aumento de las tarifas para reflejar el costo del suministro. En las áreas remotas de Lima, donde la infraestructura estándar de agua era demasiado onerosa, se adoptaron proyectos alternativos con la ayuda de organizaciones no gubernamentales y financiamiento internacional. Una de las principales iniciativas fue Alimentación de Agua para Pueblos Jóvenes (APPJ), que recibió apoyo de la Unión Europea y estaba dirigida a la construcción de sistemas comunitarios en los cuales el agua llegaba en tanques que la descargaban en cisternas a partir de las cuales se distribuía por mangueras. Sin embargo, incluso con estos sistemas comunitarios y otras formas de inversión en infraestructura, el 70 por ciento de la población de Lima continuaba sistemáticamente afectada por el racionamiento y la intermitencia de los servicios (ICOM, 2001).

Al finalizar la Administración Fujimori en el año 2000, SEDAPAL enfrentó una situación financiera en deterioro y una administración disfuncional. Bajo el nuevo



gobierno de Toledo, las tarifas siguieron aumentando y se convirtieron frecuentemente en un punto de discordia pública y regulatoria (Bonifaz y Malásquez, 2008). La tarifa promedio aumentó de 0,39 dólares por m<sup>3</sup> en 2001 a 0,77 dólares por m<sup>3</sup> en 2008, un incremento de casi el 100 por ciento. De manera paralela al aumento de precios, SEDAPAL extendió de forma masiva la instalación de medidores de agua domésticos, que pasó del 6 por ciento de las viviendas en 1995 hasta el 70 por ciento en 2005 (SEDAPAL, 2005). En ese último año, se anunció una inversión adicional de 657 millones de dólares a través del programa MIAGUA –financiado con préstamos extranjeros multilaterales (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2005).

La escasez de agua, sin embargo, siguió siendo un suplicio para los pobres, especialmente para el 10 por ciento que se estima debía comprar agua de camiones cisterna privados y que solo podía permitirse un promedio de 30 litros de agua diarios por persona; en comparación, el consumo promedio en San Isidro, uno de los sectores más ricos de Lima, era de 405 litros por persona al día (Grupo GEA, 2005). Si bien los sectores más pobres de Lima son las áreas donde la población no recibe servicios públicos de agua, también es posible encontrar en los sectores ricos grupos de viviendas sin acceso a los servicios, que dependen igualmente de fuentes de agua alternativas. La severidad del problema del agua se agravó por la tasa sostenida de crecimiento de población (aproximadamente 1,7 por ciento anual en 2005) y la creciente demanda de agua cuando la economía volvió a crecer durante la administración de Toledo. Sin embargo, el abastecimiento de agua no cambió de manera que se ajustara a este incremento de demanda.

En 2007, fue lanzado el programa Agua para Todos (APT) con una cartera onerosa de proyectos en curso y proyectos nuevos. Lamentablemente, APT constituye un ejemplo emblemático de la interacción entre escasez de agua, abundancia de recursos financieros y manipulación política. Tan solo unos años después de haber comenzado, se hizo evidente que el programa APT estaba sirviendo para agendas menos loables. En 2011, el Congreso Nacional formó una comisión con la misión de investigar la corrupción en el programa APT durante la relativamente nueva administración de García. Uno de sus cometidos específicos era analizar la aparente mala gestión de SEDAPAL (incluyendo acusaciones de fraude, operaciones incompatibles y abuso de cargo público en 1.584 obras de ingeniería, con un costo total aproximado de 1.500 millones de dólares). Las pruebas recabadas por la comisión revelaron que, declarando como ‘urgentes’ las obras que estaba apoyando para los servicios públicos de agua, el programa APT estaba facilitando ajustes a los planes originales de la infraestructura sin la necesidad de una cuidadosa justificación técnica o sin determinar la legalidad de los cambios. La comisión encontró que, bajo el programa APT, se habían comenzado proyectos importantes con tan solo planos técnicos superficiales y, algunas veces, incluso sin resolver la cuestión de la propiedad del suelo donde la infraestructura de agua quedaría localizada (Escalante, 2013; Perú21, 2013). La experiencia del programa APT en Lima muestra claramente que la disponibilidad de cantidades importantes de fondos públicos no se traduce necesariamente en mejores servicios o menos escasez de agua.

## **Reevaluación de la escasez y la abundancia**

La escasez de agua en Lima es reflejo del desarrollo de largo plazo de la ciudad desde su fundación durante el periodo colonial español y sigue estando causado por múltiples relaciones socioespaciales y no solo por limitaciones físicas o fortuitas. Pese a la importante inversión pública y la experiencia de los operadores nacionales y extranjeros, la escasez de agua persiste en Lima y continúa dominando las decisiones sobre política de agua a nivel local.

Más significativo aún es que la relación entre escasez y abundancia ha sido utilizada como un mecanismo político para gestionar las expectativas –a la baja– en las áreas pobres de Lima (Ioris, 2012c). Lima, como prácticamente cualquier otra ciudad grande de América Latina, continúa siendo una ‘ciudad dual’ cuando se considera la legalidad del derecho a la tierra. Algunos sectores de viviendas de bajos ingresos ampliamente conocidos, donde las casas fueron construidas hace varias décadas sin disponer del título legal, tienen ahora asegurado cierto nivel de infraestructura y de servicios públicos, pero, generalmente, con una brecha cualitativa cuando se compara con las áreas ricas de la ciudad. Esencialmente, dentro de Lima, existe una ciudad de segunda clase (Barreda y Ramírez Corzo, 2004). En algunos sectores de vecindarios pobres que han existido desde hace varias décadas, pero en los que no hay claridad respecto a la titularidad legal del suelo, aproximadamente la mitad de las viviendas reciben agua solamente unas pocas horas al día. Es más, en los vecindarios más pobres, incluso después de la instalación de conducciones, muchos residentes esperan durante años antes de poder pagar la conexión a la red.

La comunicación entre SEDAPAL y sus clientes normalmente se debe a dos cosas: el incremento de las tarifas y las deficiencias del servicio. Debido a la tensión que estos dos temas generan, existe un alto grado de desconfianza hacia SEDAPAL en las áreas poco servidas de Lima, incluso con respecto a las iniciativas del operador dirigidas a ampliar los servicios de agua y saneamiento para los hogares de bajos ingresos. Esto fue lo que ocurrió en 2003 con la introducción en Lima del sistema de alcantarillado ‘por condominio’, una tecnología de red de alcantarillas de bajo costo utilizado en Brasil para reducir los costos de inversión hasta un 40 por ciento mediante conexiones conjuntas por bloques, en lugar de usar el modo tradicional de conexiones individuales, que son más caras. Pese a que el enfoque por condominio posibilita menores inversiones y costos operacionales, los vecindarios de Lima donde se probó no estaban satisfechos con recibir una solución alternativa a su problema de aguas residuales cuando las áreas centrales de Lima continuaban beneficiándose de los sistemas tradicionales.

En 2006, el enfoque por condominio fue esencialmente abandonado por SEDAPAL. El análisis de la experiencia de SEDAPAL con ese enfoque se puede comparar con lo ocurrido en El Alto, Bolivia, donde las comunidades se quejaron de su falta de participación en todos los aspectos de la toma de decisiones sobre las redes por condominios (Lauri y Crespo, 2007). Desafortunadamente, algunas iniciativas importantes de SEDAPAL dirigidas a ayudar a los pobres han causado involuntariamente un resentimiento significativo y han reforzado la discriminación en servicios de agua entre grupos sociales. Aunque las tecnologías de bajo costo (Paterson et al., 2007) pueden actuar como un factor de normalización para los sectores de vivienda desfavorecidos, el hecho de que sectores más ricos tengan redes de alcantarillado que usan estándares de ingeniería tradicionales es percibido como una cuestión de justicia social.

Si bien la escasez de agua en Lima ha sido en gran parte causada por las distintas condiciones económicas de los sectores de la ciudad y exacerbada por las condiciones hidrológicas de pocas lluvias y pequeñas corrientes, los análisis convencionales de la oferta y la demanda no captan completamente la situación. Los organismos multilaterales que financian sistemas de agua piden mayor eficiencia económica, incluyendo, cuando es posible, la adopción de incentivos económicos para orientar la formulación de políticas de agua (Marmanillo, 2006). Estas entidades están de acuerdo en que la reforma del sector del agua en Perú, y en particular en Lima, parece ir en la buena dirección, pero la fragilidad institucional de las agencias públicas a nivel nacional y municipal y el bajo rendimiento económico de las inversiones en infraestructura de agua son obstáculos importantes. Hay, sin embargo,

otros problemas fundamentales asociados al crecimiento sin restricciones de Lima, su desarrollo urbano y las exclusiones sociales que lo acompañan, lo cual se puede demostrar mejor con los tres estudios de caso expuestos a continuación.

Entre la empresa de agua SEDAPAL y la población de bajos ingresos de Lima hay una relación fluida y a veces adversaria. Los residentes de las áreas periurbanas de Lima no han permanecido pasivos con relación a la operación y expansión problemática de los servicios de agua. La población de esas áreas ha aprendido a pedir agua no solo como una necesidad básica, sino también como un derecho legítimo. Expresar la necesidad y el derecho al agua requiere una movilización masiva y una negociación específica. El trabajo sobre el terreno realizado en tres áreas relevantes de Lima, localizadas en varios puntos extremos de la región metropolitana, demuestra cómo el suministro y la escasez de agua han cambiado con los años, pero continúan sujetos a un pasado de expansión urbana y relaciones socioespaciales politizadas.

La escasez de agua en cada área de estudio está estrechamente relacionada con el nivel de organización colectiva y el equilibrio de poder. Villa El Salvador fue fundada en el sur de Lima en 1971 como una *comunidad autogestionaria*. Cuatro décadas después, Villa El Salvador todavía tiene algunos elementos simbólicos de la organización original. Sin embargo, con el tiempo, la participación pública, en un contexto de políticas conservadoras e ideologías individualistas, se ha burocratizado y fragmentado cada vez más, lo cual ha afectado inevitablemente la lucha para obtener servicios públicos como el de agua. El declive de la participación popular activa en los asuntos públicos de Villa El Salvador ha erosionado la posibilidad de defender con fuerza y de manera efectiva ante el Gobierno la obtención de servicios esenciales como el de agua. Las entrevistas con los residentes prueban su convicción sobre la importancia de las campañas comunitarias para garantizar y ampliar los servicios de agua y saneamiento en la zona. Pero estas mismas personas también expresaron frustración por la creciente apropiación electoral de las iniciativas populares.

Pachacútec, en el Cono Norte de Lima y segunda área de estudio, es un asentamiento fundado en el año 2000, cuando el Gobierno trasladó a un grupo de personas que por entonces vivía en Villa El Salvador, pero que no podía permanecer allí. Pachacútec está situada en una amplia zona arenosa donde los nuevos pobladores (aproximadamente 40.000) y los residentes originales (10.000) tuvieron que organizarse por sí mismos para pedir un mínimo de abastecimiento de agua con carácter de emergencia. El colapso repentino de la Administración Fujimori, al finalizar la década de 1990, dejó a las familias que acababan de ser trasladadas sin la infraestructura prometida.

Debido a la tensa situación, Pachacútec se convirtió pronto en un área prioritaria para probar sistemas alternativos de abastecimiento de agua y saneamiento. A principios de la década de 2000, Alemania proporcionó fondos (860.000 dólares) para la construcción de nueve sistemas comunitarios de agua. Para cada sistema, era necesario crear un Comité de Vigilancia para el Agua Potable (COVAAP) que coordinara la compra y distribución del agua. Las entrevistas mostraron que hubo problemas con la gestión de la mayoría de los COVAAP desde el comienzo, con acusaciones de una mala gestión financiera y choques con otras organizaciones comunitarias. Esto sugiere que el problema de la escasez de agua no solo se refuerza por negligencias desde arriba hacia abajo o por iniciativas que compiten entre sí, sino que también es un problema que refleja disputas comunitarias y tensiones políticas intracomunitarias.

La persistencia de enfermedades relacionadas con el agua en Pachacútec llevó a otro experimento social relacionado con este recurso: un mecanismo de microcréditos, que fue introducido en 2009 por agencias nacionales e internacionales, y supervisado

y gestionado por una organización no gubernamental estadounidense. El objetivo era atajar los problemas sanitarios con la colaboración del sector privado mediante la creación de un pequeño mercado de saneamiento, más específicamente, orientado a las pequeñas y medianas empresas (Bendezú, 2006). Así, se alentó a los comercios locales a que vendieran equipamiento de saneamiento e inodoros al tiempo que se convencía a los residentes de que tomaran préstamos, que podían ser reembolsados en periodos de dos o tres años, para comprar los equipos (Baskovic, 2008). Sin embargo, en lugar de hacer avanzar el establecimiento de un nivel uniforme de servicios de saneamiento en todo Pachacútec, el proyecto de microcrédito exacerbó las desigualdades en el interior del área. Residentes de algunos vecindarios se quejaron de que la tecnología y el equipamiento sanitario proporcionados no eran adecuados para las casas de madera y que solo quienes estaban en mejor situación económica podían beneficiarse realmente del mecanismo.

Huaycán, la tercera área de estudio, también fue creada como una *comunidad autogestionaria*, pero con una diferente trayectoria socioespacial y con el más bajo nivel de movilización política y apoyo de las tres áreas analizadas. Huaycán está ubicada en laderas empinadas -situadas entre 500 y 900 metros por encima del nivel del mar- a 20 km al este del centro de Lima. Después de la ocupación inicial del suelo, la Administración izquierdista de Barrantes (el alcalde de Lima entre 1984 y 1986) lanzó un programa para alojar a 30.000 personas en Huaycán. El asentamiento fue organizado en unidades de viviendas comunitarias, pero, desde el principio solo se benefició de una infraestructura de agua rudimentaria. La falta de agua y saneamiento ha sido uno de las fallas más significativas del asentamiento de Huaycán.

La autogestión de Huaycán fue abandonada en 1987 y el programa comunitario del asentamiento sufrió del oportunismo político y un nivel de corrupción grave (Soto et al., 2005), en tanto que las necesidades de servicios básicos esenciales para la comunidad quedaban insatisfechas. Durante años, la mayoría de los residentes de este asentamiento tuvieron que comprar agua y almacenarla en contenedores, mientras que SEDAPAL y la autoridad de servicios local mostraban un bajo nivel de compromiso con el éxito de la iniciativa de Huaycán. La precariedad de los servicios de agua se convirtió en un problema central y urgente para la comunidad, reforzado por la constante expansión del asentamiento y los altos niveles de desempleo entre su población (Zambrano, 1997). Después de vivir con promesas incumplidas durante años, los residentes de Huaycán estaban resentidos por lo que consideraban inversiones parciales motivadas por las preocupaciones electorales de los políticos.

Pese a varias iniciativas prometedoras de base comunitaria, la elevada altitud en la que se encuentran los vecindarios de Huaycán, que con los años han continuado expandiéndose, ha limitado la perspectiva de recibir agua. Las entrevistas mostraron que, en algunas ocasiones, la introducción del programa APT ha aumentado en realidad la desorganización comunitaria y fomentado los conflictos internos, por ejemplo, entre las calles con posibilidad de recibir infraestructura de agua y las que no la tienen.

Las experiencias vividas en las áreas de Huaycán, Villa El Salvador y Pachacútec muestran que la escasez duradera de agua en Lima está directamente vinculada con la falta de voluntad política y una persistente reticencia a abordar las demandas y necesidades de las comunidades de bajos ingresos. Irónicamente, la cuestión del financiamiento de la infraestructura de agua de la ciudad en las últimas décadas no ha sido un factor tan limitante, dada la variedad de fuentes de financiación a las que ha podido acceder la ciudad. Adicionalmente, los problemas mencionados anteriormente se han visto amplificados por las disputas internas en las comunidades y por la falta de una movilización sostenida de las áreas de Lima que no tienen servicios de agua y saneamiento satisfactorios.

## Conclusiones

La provisión de servicios de agua no ha ido a la par de la rápida urbanización de Lima. Estos problemas de agua sin resolver revelan una interrelación entre la escasez de agua, la manipulación y la ineptitud política, y la forma selectiva con la que se orientan las inversiones de fondos públicos. Mientras que las áreas periféricas relativamente nuevas, pero pobres, de Lima sufren de servicios de agua precarios, el creciente papel que tiene la ciudad en los mercados globales alienta a los residentes de las áreas más ricas a consumir y emprender actividades que inevitablemente aumentan el consumo de agua y exacerban la desigualdad. El flujo de dinero y tecnología hacia el sector hídrico en las dos últimas décadas no ha logrado ofrecer una solución a los problemas de agua de la ciudad. Más que la falta de fondos y un escasez absoluta de agua, los principales problemas en torno al acceso a este servicio en Lima se pueden explicar principalmente por prácticas sostenidas de discriminación social y espacial, ya sean conscientes o no.

La revitalización y expansión de Lima, y la gestión del agua que ha acompañado ese auge han actuado dentro de las asimetrías hegemónicas que dominan la política del Perú y que, desafortunadamente, refuerzan las disparidades y las desigualdades sociales heredadas de generaciones anteriores. La modernización de los servicios de agua en Lima ha estado basada en inversiones que no son sostenibles, en la gestión comercializada de la empresa pública SEDAPAL y en sistemas de agua alternativos (p. ej., la privatización parcial y mecanismos de microcrédito).

En un contexto de desarrollo aleatorio y sin planificación y de una desigualdad estructural profundamente arraigada y de larga duración, la falta de servicios de abastecimiento de agua constantes y distribuidos de manera equitativa en toda la ciudad no es simplemente el resultado de intervenciones mal concebidas, sino que también se relaciona con la toma de decisiones respecto a la asignación de los recursos. La difícil tarea que tiene SEDAPAL para cubrir Lima, un área enorme en expansión, se convierte en imposible cuando se enfrenta con una asignación errática de los recursos y las constantes interferencias políticas. La escasez de agua de Lima está totalmente vinculada con la falta de viviendas decentes, de empleo y de servicios sociales para muchos de sus residentes.

Las experiencias recientes de ampliación de los servicios de agua en Lima han tenido solamente un éxito parcial, y muchos de los residentes desfavorecidos de la ciudad deben recurrir a su propia resiliencia y capacidad organizativa para sobrevivir a diario. Los intentos de proporcionar servicios a bajo costo en las áreas con bajos ingresos han generado resentimiento, mientras que las áreas con altos ingresos reciben infraestructura cara y agua abundante. Más aún, programas aparentemente bien intencionados se han visto atrapados por agendas ocultas y el mal uso de los fondos. Desafortunadamente, se han encontrado prácticas de mala gestión a todos los niveles de autoridad, incluyendo a las organizaciones comunitarias. No obstante, si bien los residentes entrevistados estaban desencantados con el tratamiento de los políticos nacionales y locales, siguen estando firmemente convencidos de la importancia de las organizaciones de base comunitaria para pedir y reivindicar su derecho a servicios de agua.

Lima, como ciudad grande y próspera, ofrece la promesa de abundancia, pero en la práctica excluye a muchos de sus habitantes al ser incapaz de satisfacer algunas de las necesidades más esenciales para el ser humano, entre ellas el agua y el saneamiento. Para comprender los desafíos actuales y futuros en materia de agua en Lima (y en otras ciudades de América Latina), es necesario ir más allá de la historia de la ciudad y mirar a problemas interrelacionados, como la vivienda, el transporte y las

disparidades económicas y su evolución en diferentes partes de la ciudad. El análisis de las desigualdades de agua proporciona una visión real de las complejidades de la ciudad en Latinoamérica, y Lima es un excelente ejemplo.

## Referencias

- AFIN (Asociación para el Fomento de la Infraestructura Nacional) (2013). *AFIN señala graves carencias en los servicios de saneamiento en Lima y Callao*, Lima: Asociación para el Fomento de la Infraestructura Nacional, consultado el 20 de febrero de 2014, [http://www.afin.org.pe/images/noticias/notas\\_de\\_prensa/np\\_04\\_04\\_13\\_afin\\_graves\\_carencias\\_en\\_servicios\\_de\\_saneamiento\\_lima\\_callao.pdf](http://www.afin.org.pe/images/noticias/notas_de_prensa/np_04_04_13_afin_graves_carencias_en_servicios_de_saneamiento_lima_callao.pdf)
- Alcázar, L., Xu, L. C. y Zuluaga, A. M. (2000). *Institutions, politics, and contracts: The attempt to privatize the water and sanitation utility in Lima, Peru*, Grupo Banco Mundial, Washington D.C.
- Banco Mundial (2009). *Implementation completion and results report (IBRD-38110) on a loan of the amount of US\$ 150 million to the Republic of Peru for the Lima water rehabilitation and management project*, Washington D.C., Grupo Banco Mundial, consultado el 27 de febrero de 2013, [http://www.wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2009/10/16/000333037\\_20091016004236/Rendered/INDEX/ICR12530P0080510disclosed0101141091.txt](http://www.wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2009/10/16/000333037_20091016004236/Rendered/INDEX/ICR12530P0080510disclosed0101141091.txt)
- Barreda, J. y Ramírez Corzo, D. (2004). "Lima: consolidación y expansión de una ciudad popular", *Perú Hoy* 6, 199-218.
- Baskovic, M. R. (2008). "Un nuevo paradigma: el saneamiento como negocio: modelos de mercado inclusivos para los pobres del Perú", *Agua, Revista del Comité Sectorial de Agua y Saneamiento*, 26, pp. 32-37.
- Bendezú, C. (2006). "Agua potable de Alto Huampan.: modelo de autogestión sostenible", *Agua, Revista del Comité Sectorial de Agua y Saneamiento*, 21, pp. 6-9.
- Bonifaz, J. L. y Malásquez, E. (2008). "Tarifas de SEDAPAL: La tortuosa tarea de regular empresas públicas", *Apuntes de Estudio* 67, pp. 51-68.
- Calderón Cockburn, J. (2005). *La ciudad ilegal: Lima en el siglo XX*, UNMSMS, Lima.
- Caria, A. S. (2008). *Títulos sin desarrollo: Los efectos de la titulación de tierras en los nuevos barrios de Lima*, DESCO, Lima.
- Corton, M. L. (2003). "Benchmarking in the Latin American water sector: the case of Peru", *Utilities Policy*, 11, pp. 133-142.
- Escalante, V. (2013). "Megacomisión del Congreso dará más detalles de la gran estafa. Más perlas de 'Agua para todos' aprista", *La Primera, Digital*, consultado el 20 de febrero de 2014, [http://www.diariolaprimeraperu.com/online/politica/mas-perlas-de-agua-para-todos-aprista\\_131743.html](http://www.diariolaprimeraperu.com/online/politica/mas-perlas-de-agua-para-todos-aprista_131743.html)
- Grupo GEA (2005). *Perspectivas del medio ambiente urbano: GEO*, Lima y Callao, PNUMA, México.
- ICOM (2001). *Investigación cuali-cuantitativa sobre la imagen externa de SEDAPAL*. SEDAPAL, Lima.

- loris, A. A. R. (2010). "The Political Nexus between Water and Economics in Brazil: A Critique of Recent Policy Reforms", *Review of Radical Political Economics*, 42, pp. 231-250.
- loris, A. A. R. (2012a). "The geography of multiple scarcities: Urban development and water problems in Lima, Peru", *Geoforum*, 43, pp. 612-622.
- loris, A. A. R. (2012b). "The neoliberalization of water in Lima, Peru", *Political Geography* 31, pp. 266-278.
- loris, A. A. R. (2012c). "Scarcity, neoliberalism and the 'water business' in Lima", Peru, *Human Geography* 5, pp. 93-105.
- Laurie, N. y Crespo, C. (2007). "Deconstructing the best case scenario: Lessons from water politics in La Paz-El Alto, Bolivia", *Geoforum*, 38, pp. 841-854.
- Marmanillo, I. (2006). "Potable water and sanitation", en Giugale, M., Newman, J. L. y Fretes-Cibils, V. (eds), *Opportunity for a different Peru: Prosperous, equitable, and governable*, Banco Mundial, Washington, D.C.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2005). "MIAGUA: la reforma silenciosa del sector de saneamiento", *Agua, Revista del Comité Sectorial de Agua y Saneamiento*, 19, pp. 4-11.
- Panayotakis, C. (2003). "Capitalism's 'dialectic of scarcity' and the emancipatory project", *Capitalism Nature Socialism*, 14, pp. 88-107.
- Paterson, C., Mara, D. y Curtis, T. (2007). "Pro-poor sanitation technologies", *Geoforum*, 38, pp. 901-907, Water Services in Lima, Perú.
- Peru21 (2013). "Denuncian colusión y fraude y agua para todos". *Peru21*, consultado el 27 de febrero de 2013, <http://cdn.peru21.e3.pe/politica/denuncian-colusion-y-fraude-agua-todos-2119313>
- Portes, A. y Roberts, B. (2005). "The free-market city: Latin American urbanization in the years of the neoliberal experiment", *Studies in comparative international development* 40, pp. 43-82.
- Sánchez León, A., Guerrero, R., Calderón, J. y Olivera, L. (1986). *Tugurización en Lima metropolitana*, DESCO, Lima.
- SEDAPAL (Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima) (2003). *Historia del abastecimiento de agua potable de Lima 1535-2003*, SEDAPAL, Lima.
- SEDAPAL (2005). *Plan Maestro Optimizado*, SEDAPAL, Lima.
- Soto, L. Z., Wilches-Chaux, G. y Orrego Ocampo, J. C. (2005). *Huaycán: Construyendo una ciudad segura y saludable*, PNUD, Lima.
- Zambrano, D. (1997). *Agua y saneamiento: experiencia en el Perú*, Intermediate Technology Development Group, ITDG-Perú, Lima.
- Zolezzi, M. y Calderón, J. (1987). *Vivienda popular: autoconstrucción y lucha por el agua*, DESCO, Lima.

## 6 Gobernanza del agua residual urbana en América Latina

### Panorama y reflexiones para una agenda de investigación

*Raúl Pacheco Vega*

#### Introducción

Este capítulo ofrece un panorama de los desafíos que enfrenta la gobernanza del agua residual urbana en América Latina. Normalmente, el análisis de la gobernanza del agua se centra en el abastecimiento, la demanda y la distribución de agua; se estudia mucho menos la cuestión del saneamiento y las aguas residuales. Aunque es preliminar, este capítulo presenta un diagnóstico y una lista de propuestas de cómo pueden los Gobiernos mejorar los servicios de saneamiento en las ciudades latinoamericanas. Pese a las diferencias existentes tanto entre los diferentes países y ciudades, como en el interior de los mismos, hay puntos comunes en lo que respecta al saneamiento en toda América Latina. Aún así, el autor apunta a la heterogeneidad urbana como uno de los desafíos que diferencian a la gobernanza del agua residual del suministro de agua dulce.

El capítulo aborda una agenda para la investigación de los asuntos políticos sobre la gobernanza del agua urbana en América Latina. Elaborar esta agenda requiere examinar detenidamente varios temas clave. Primero, el agua residual, contrariamente al agua dulce, es con frecuencia un área temática olvidada. Segundo, la heterogeneidad urbana afecta la manera en que se diseña la política de agua. Las desigualdades de ingreso ayudan a explicar las divergencias en la cobertura de saneamiento y los indicadores de desempeño. El capítulo concluye con la cuestión fundamental relativa a la combinación de políticas públicas apropiada para una gobernanza sólida del agua residual urbana y el hecho de que no hay una “varita mágica” para diseñar e implementar políticas de saneamiento. Es esencial comprender los factores contextuales y los mecanismos causales de lo que funciona y lo que no.

#### **Gobernanza del agua residual urbana: ¿problema técnico o atolladero social?**

Si bien se reconoce que la generación de residuos por las funciones corporales ha sido tradicionalmente un tema tabú a evitar (George, 2008; Jewitt, 2011b; Movik y Mehta, 2009), es innegable que la gobernanza en materia de aguas residuales urbanas es una cuestión muy importante, insuficientemente estudiada, que merece ser investigada académicamente. Dos mil quinientos millones de personas carecen de servicios de agua y saneamiento y más de 940 millones defecan al aire libre (UNICEF/OMS/JMP, 2012).



El bombo que ha rodeado el logro de algunos de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) en el sector de agua y saneamiento está injustificado y es muy prematuro (Pacheco-Vega, 2012b). La disparidad de ingreso, la heterogeneidad de la población, las limitaciones presupuestarias y la falta de voluntad política son algunos de los factores negativos agravantes que afectan el acceso de la población a servicios de saneamiento (Pacheco-Vega y Vega, 2008; Pacheco-Vega, 2009, 2012a, 2013a). Estos factores interactúan obstaculizando el desarrollo de las comunidades vulnerables. Obtener una cifra que resuma cuantitativamente el estado actual de la infraestructura de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales en una región geográfica entera no garantiza que toda la población reciba adecuadamente el servicio.

La gobernanza de las aguas residuales urbanas enfrenta importantes desafíos a nivel mundial, aun cuando hay un acceso creciente a infraestructura de agua potable y saneamiento. Además, las disparidades de ingreso pueden exacerbar las dificultades que enfrentan las comunidades vulnerables respecto al acceso a instalaciones de saneamiento mejoradas incluso dentro de la misma ciudad. Más importante aún, el envejecimiento de la infraestructura, la oposición social a la privatización del abastecimiento de agua y alcantarillado y el desinterés generalizado de la población que no se ve afectada por las disparidades en la cobertura de saneamiento son factores agravantes que no solo generan desacuerdos amargos entre los proveedores del servicio público, sino que también entorpecen un mayor desarrollo de una base sólida para el tratamiento de las aguas residuales y su reúso.

Las aguas residuales, el alcantarillado y el saneamiento han centrado la atención de la literatura de ingeniería y de las ciencias naturales, con muy poco o ningún análisis desde la perspectiva de las ciencias sociales (Grigg, 2012). Los estudios sobre saneamiento y aguas residuales realizados desde el área de las ciencias sociales (y en particular en la literatura sobre geografía humana) han analizado principalmente temas como la implementación de tecnologías más limpias para inodoros, el acceso al alcantarillado y el desarrollo de conductos e infraestructura para la distribución de efluentes (Kar, 2012). La mayoría de las investigaciones centradas en la gobernanza de las aguas residuales han examinado casos empíricos en países en desarrollo de África y Asia. La India, en concreto Bombai (Gandy, 2008; McFarlane, 2008a, 2008b), ha sido una de las áreas geográficas cuyos procesos de saneamiento han sido estudiados con mayor profundidad. Se ha prestado una atención especial al acceso a tecnologías apropiadas para inodoros (Burra, 2003) y a las innovaciones dirigidas a reducir la defecación al aire libre (Chaplin, 1999).

Sin embargo, la gobernanza en materia de aguas residuales no es solamente un asunto de tecnología. Es, y ha sido durante muchos años, una historia complicada de fuerzas contrarias. Por un lado, la presión ejercida sobre los gobiernos locales para que proporcionen mejores servicios de agua y saneamiento han puesto un énfasis indebido y una fuerte presión sobre las empresas públicas para que suministren agua de alta calidad y proporcionen un sistema de alcantarillado oportuno y sólido. Al mismo tiempo, los burócratas y los políticos locales reconocen que para poder ofrecer estos servicios se debe lograr a veces un equilibrio entre la alianza con el sector privado (asociaciones público-privadas), la provisión conjunta del servicio y la entrega de servicios por el sector privado.

El saneamiento, el tratamiento de aguas residuales y el alcantarillado sufren muchos de los problemas mencionados en la literatura sobre la privatización del sector de agua. Esta privatización ha sido percibida por muchos como un mal necesario, mientras que otros lo ven como un buen método para proporcionar servicios públicos. Bakker sugiere que se necesita encontrar un término medio. Como sostiene en su investigación, 'los modelos convencionales, tanto de abastecimiento estatal como privado, tienen fallos serios' (Bakker, 2010, p. 6). De hecho, Bakker tiene razón en

su afirmación. No hay una respuesta correcta o equivocada respecto a si funcionará o no la privatización del sector del agua. El éxito de un proyecto de privatización está determinado por factores contextuales. El abastecimiento urbano de agua y el tratamiento de aguas residuales urbanas son problemas ambientales y, al mismo tiempo, problemas económicos y sociales (Bakker, 2010; Pacheco-Vega, 2013a).

El componente técnico es importante, pero no es el único. De hecho, en América Latina, tenemos algunas de las mejores investigaciones en ingeniería ambiental. La capacidad técnica existe, así como el capital humano. Sin embargo, necesitamos mirar más allá de los enfoques tecnocráticos para el saneamiento y comprender los componentes humanos que subyacen a la gobernanza en materia de aguas residuales.

El tema del agua ha pasado de ser un recurso natural a convertirse en un recurso político – a la sorpresa (y consternación) de muchos estudiosos. El reparto de recursos transfronterizos ha suscitado rápidamente conflictos internacionales y entre estados o provincias de un mismo país (Pacheco-Vega, 2013b). Sin embargo, generalmente ha sido el agua en su forma más pura, más que las aguas residuales, lo que se ha convertido en un recurso político. Este fenómeno es probablemente el resultado de años ignorando las funciones corporales, como si no existieran o como si los recursos de agua dulce no fueran desperdiciados en el transporte y disposición de excretas humanas (Franceys y Gerlach, 2008; Jewitt, 2011a; Krause, 2009). América Latina ofrece un laboratorio perfecto para el estudio de la gobernanza del agua y, en los últimos años, para el análisis de las políticas de saneamiento y aguas residuales.

## **Hacia una agenda de investigación sobre la gobernanza de las aguas residuales urbanas**

La gobernanza de las aguas residuales urbanas en América Latina plantea desafíos interesantes que la provisión de agua dulce no presenta. En primer lugar, la política de saneamiento es a menudo un área temática ignorada. Como indicó Jaimie Benidickson, la cultura de descargar agua en el inodoro prevalece tanto que rechazamos reconocer que hay una crisis mundial del saneamiento (Benidickson, 2004). Si bien las regiones rurales se ven profundamente afectadas (Mehta, 2011), las ciudades enfrentan también desafíos importantes que con frecuencia no se tienen en cuenta porque el asunto que está en juego no se ve. En segundo lugar, la heterogeneidad urbana afecta la manera en que se puede diseñar la política de agua. Incluso dentro de un mismo municipio, se encuentran a menudo comunidades que se ven más intensamente afectadas por un saneamiento inadecuado, mientras que en otros vecindarios podemos no encontrar huellas visibles de los efectos negativos (Pacheco Vega, 2011).

Para esbozar una agenda de investigación sobre las cuestiones políticas de gobernanza del agua urbana en América Latina, es importante distinguir las heterogeneidades y especificidades de cada país y de cada ciudad. Los análisis subnacionales requieren un estudio profundo de la arquitectura institucional de la política en materia de aguas residuales. Sin un mapa claro de las responsabilidades jurisdiccionales, las ciudades de América Latina continuarán enfrentando retos casi insuperables. Una noción que emana de este capítulo, que va más allá de lo que enseña la literatura tradicional sobre la privatización del agua y el saneamiento, es que América Latina presenta problemas específicos y únicos que se derivan también de la falta de un estado de derecho y una pobre rendición de cuentas por parte de los burócratas y los políticos.

Es importante señalar que la crisis del agua y del saneamiento no es solo un problema de los países en desarrollo, sino también de los países desarrollados. La privatización de la entrega de servicios públicos no es la “varita mágica” que muchos

desearían que fuera. Solomon (2011) prueba con casos en los Estados Unidos (Atlanta e Indianápolis) que las operaciones de privatización pueden tener efectos distintos. En el caso de Atlanta, la privatización en 1999 estuvo seguida por la recuperación de las responsabilidades del sector de agua por el gobierno local debido al bajo desempeño, la falta de calidad del agua y el malestar general respecto al sistema. En el caso de Indianápolis, la asociación público-privada en el sector de agua y saneamiento logró muy buenos resultados (Solomon, 2011). Esta variación del desempeño muestra que hay factores contextuales que van más allá de los puros avances técnicos o de la eficacia de la gestión. Variables del contexto económico pueden también explicar las divergencias en la cobertura del saneamiento y los indicadores de desempeño. En ese sentido, se puede prever que las ciudades más pobres lleven a cabo con menos acierto la entrega de servicios públicos, particularmente la provisión de agua potable y la cobertura de saneamiento.

Las conductas respecto al uso y reutilización de excretas humanas han ido cambiando lentamente, aunque las aguas residuales, el saneamiento y las heces son todavía temas muy tabú. El desafío sigue siendo ofrecer mejoras de infraestructura sin recurrir a utilizarlas como armas políticas. La provisión de infraestructura de saneamiento adecuada como una herramienta política ha evolucionado, al igual que la de agua. El agua se ha convertido en algo más que un recurso natural, es un recurso político. Se puede ver este fenómeno desde la perspectiva de la implementación de las políticas públicas, en la que las condiciones del entorno político son tales que el acceso al saneamiento está reservado a los miembros ricos y privilegiados de la sociedad (parecido a lo que observa Chaplin en su estudio de 1999 sobre saneamiento en India), o desde la perspectiva de negación de la agenda, similar a lo que establece Pacheco Vega en su estudio sobre el saneamiento y el consejo de la cuenca del río Lerma-Chapala en México (Pacheco Vega, 2005a, 2005b, 2006). En este caso las aguas residuales siguen fuera de la lista de temas de alta relevancia en las agendas de política de agua en América Latina (Chaplin, 1999), incluso si se dan las condiciones técnicas para la provisión de un saneamiento mejorado.

## Conclusiones

Claramente, hay una gran heterogeneidad en la manera en la que los municipios, las pequeñas ciudades y las megaciudades afrontan los desafíos de la gobernanza de las aguas residuales urbanas. Sin embargo, está claro también que los factores contextuales importan, y mucho. Las prácticas culturales, los mecanismos de financiamiento, las normas y las expectativas sociales sobre lo que debería ser un nivel adecuado de tratamiento de aguas residuales, los sesgos y percepciones sobre el tratamiento de efluentes y las capacidades en capital humano para diseñar e implementar procesos de tratamiento de efluentes son variables importantes que se deben tener en cuenta cuando se diseñan procesos de gobernanza para las aguas residuales urbanas. Contrariamente a la creencia popular, aumentar solo los niveles de tratamiento de los efluentes no es suficiente para mantener un sistema robusto de saneamiento y alcantarillado. Hay otros factores adicionales que se deben tener en cuenta cuando se formulan soluciones de política pública en el sector de saneamiento.

Cuál es la combinación adecuada de políticas para tener una gobernanza de aguas residuales urbanas robusta sigue siendo uno de los mayores rompecabezas políticos de siglo XXI. No hay 'varitas mágicas' para diseñar e implementar políticas de saneamiento. Se necesita comprender los factores contextuales y los mecanismos causales de lo que funciona y lo que no funciona.

## Agradecimientos

Agradezco a Alberto Hernández, Fernando Basurto, Alejandro Ramírez, Carla Villegas, Luis Esparza y Fernando Aquino su extraordinaria ayuda en el trabajo de investigación. Todos los errores que pueda haber son de mi entera responsabilidad. Este capítulo es un componente de una agenda de investigación más amplia sobre las políticas relativas a los residuos y las aguas residuales en los países de América Latina (Brasil, Argentina y México).

## Referencias

- Bakker, K. (2010). *Privatizing water: Governance failure and the world's urban water crisis*, Ithaca, N: Cornell University Press.
- Benidickson, J. (2004). *The culture of flushing: A social and legal history of sewage*, Vancouver, BC: The University of British Columbia Press (UBC Press).
- Burra, S. (2003). "Community-designed, built and managed toilet blocks in Indian cities", *Environment and Urbanization* 15(2), 11-32, DOI:10.1177/095624780301500202.
- Chaplin, S. E. (1999). "Cities, sewers and poverty: India's politics of sanitation", *Environment and Urbanization* 11(1), 145-158.
- Franceys, R. y Gerlach, E. (Eds.) (2008). *Regulating water and sanitation for the poor: Economic regulation for public and private partnerships*, Londres: Earthscan.
- Gandy, M. (2008). "Landscapes of disaster: Water, modernity, and urban fragmentation in Mumbai", *Environment and Planning A*, 40(1), 108-130, DOI:10.1068/a3994.
- George, R. (2008). *The big necessity: The unmentionable world of human waste and why it matters*, Nueva York: Macmillan.
- Grigg, N. S. (2012). *Water, wastewater and stormwater infrastructure management*, Boca Raton, FL: CRC Press.
- Jewitt, S. (2011a). "Geographies of shit: Spatial and temporal variations in attitudes towards human waste", *Progress in Human Geography*, 35(5), 608-626, DOI:10.1177/0309132510394704.
- Jewitt, S. (2011b). "Poo gurus? Researching the threats and opportunities presented by human waste", *Applied Geography*, 31(2), 761-769, DOI:10.1016/j.apgeog.2010.08.003.
- Kar, K. (2012). "Why not basics for all? Scopes and challenges of community-led total sanitation", *IDS Bulletin*, 43(2), 93-96, DOI:10.1111/j.1759-5436.2012.00312.x.
- Krause, M. (2009). *The political economy of water and sanitation*, Nueva York: Routledge.
- McFarlane, C. (2008a). "Governing the contaminated city: Infrastructure and sanitation in colonial and post-colonial Bombay", *International Journal of Urban and Regional Research*, 32(2), 415-435, DOI:10.1111/j.1468-2427.2008.00793.x.
- McFarlane, C. (2008b). "Sanitation in Mumbai's informal settlements: State, 'slum' and infrastructure", *Environment and Planning A*, 40(1), 88-107. <http://dx.doi.org/10.1068/a39221>

- Mehta, L. (2011). "Why shit matters: Community-led total sanitation and the sanitation challenge for the 21st century", en L. Mehta y S. Movik (Eds.), *Shit matters: The potential of community-led total sanitation* (pp. 1-25), Warwickshire, Reino Unido: Practical Action Publishing Ltd.
- Movik, S. y Mehta, L. (2009). *Going with the flow? Directions of innovation in the water and sanitation domain*, Brighton, Reino Unido: STEPS Centre.
- Pacheco Vega, R. (2005a). "Applying the institutional analysis and development framework to wastewater management policy in the Lerma-Chapala river basin", en UNU-INWEH (Ed.), UNU-INWEH/UNESCO-MAB-IHP International Workshop "Water and ecosystems: Water resources management in diverse ecosystems and providing for human needs", Hamilton, Ontario (Canadá).
- Pacheco Vega, R. (2005b). "Institutional analysis within the Lerma-Chapala Region: New challenges for watershed management", en UNU-INWEH (Ed.), UNU-INWEH/UNESCO-MAB-IHP International Workshop "Water and ecosystems: Water resources management in diverse ecosystems and providing for human needs", Fort Collins, CO: US Geological Survey (USGS).
- Pacheco Vega, R. (2006). Evaluación de políticas y programas dentro de la cuenca Lerma-Chapala (p. 165), León, Guanajuato, México: Centro de Investigación y Asesoría Tecnológica en Cuero y Calzado, A.C. (CIATEC, A.C).
- Pacheco Vega, R. (2009). "Arreglos institucionales para el saneamiento de aguas residuales en México. Un caso de estudio en la cuenca Lerma-Chapala", en I. Sandré Osorio, R. L. do Carmo, S. Vargas Velázquez y N. B. Guzmán (Eds.), *Gestión del agua: una visión comparativa entre México y Brasil*, Jiutepec, Morelos: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Pacheco Vega, R. (2011). "The promises and pitfalls of lesson drawing in water governance research: What can we learn about watershed management from river basin councils and organizations in Mexico", en annual meeting of the Canadian Association of Geographers, Calgary, Alberta, Canadá: Canadian Association of Geographers.
- Pacheco Vega, R. (2012a). "Arreglos institucionales dentro de la cuenca Lerma-Chapala: Una visión desde la política ambiental", en M. Sánchez Rodríguez, J. de J. Hernández López, J. M. Durán Juárez y A. Torres Rodríguez (Eds.), *Los estudios del agua en la cuenca Lerma-Chapala-Santiago. Agricultura, industria y ciudad. Pasado y presente* (pp. 347-360), Guadalajara, Jalisco y Zamora, Michoacán.
- Pacheco Vega, R. (2012b). "Governing wastewater: A Cross-regional analysis within the Lerma-Chapala river basin in Mexico", en *Canadian Association of Latin American and Caribbean Studies* (CALACS) 2012, Waterloo, ON, Canadá: Canadian Association of Latin American and Caribbean Studies.
- Pacheco Vega, R. (2013a). "Geographies of wastewater: A comparative analysis of urban sanitation governance in the Mexican municipalities of Aguascalientes (Aguascalientes) and Leon (Guanajuato)", en 2013 Meeting of the American Association of Geographers (p. 25), Los Ángeles, CA: American Association of Geographers.
- Pacheco Vega, R. (2013b). "Los conflictos intratables por el agua en México: Aproximaciones teóricas y acercamientos metodológicos", en E. Kauffer (Ed.), Taller temático "Las dimensiones políticas de los recursos hídricos: miradas cruzadas para politizar el debate" (pp. 1-30), San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México: Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social.

- Pacheco Vega, R. y Vega, O. (2008). "Retos y perspectivas en materia de política de tratamiento de agua y saneamiento en México", en R. Olivares y R. Sandoval (Eds.), *El agua potable en México: historia reciente, actores, procesos y propuestas* (pp. 173-186), México City: ANEAS (Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento).
- Solomon, L. D. (2011). *America's Water and Wastewater Crisis*, New Brunswick, NJ y Londres: Transaction Publishers.
- UNICEF/OMS/JMP (2012). *Progress on drinking water and sanitation: 2012 Update*, Nueva York: UNICEF/OMS Programa Conjunto de Monitoreo para el Abastecimiento de Agua y Saneamiento.

# 7 Problemática y retos del abastecimiento de agua, el drenaje de aguas pluviales y el tratamiento de aguas residuales en el área metropolitana de la Ciudad de México

*Poliopetro F. Martínez y Erick R. Bandala*

## Introducción

El abastecimiento de agua en cantidad suficiente y con la calidad adecuada es una preocupación creciente en las megaciudades. Factores como el crecimiento de población, los cambios en el uso del suelo, la deforestación, el cambio climático y la carencia de una planificación coherente se combinan en un proceso complejo e interrelacionado que afecta el suministro y la gestión del agua (Oswald, 2011). Varias megaciudades en el mundo en desarrollo (p. ej. São Paulo, Manila, Delhi y El Cairo) enfrentan problemas similares, como escasez severa de agua, limitaciones en los sistemas de abastecimiento de agua y alcantarillado, inundaciones y una gestión deficiente del agua. El área metropolitana del Valle de México es un excelente caso de estudio de una megaciudad con esos problemas y retos.

La Ciudad de México es una de las mayores ciudades del mundo. Su situación hidrogeográfica –en una cuenca endorreica (es decir, que no tiene salidas naturales)– ofrece un contexto concreto para comprender los problemas y las soluciones en materia de agua. La ciudad sufre inundaciones recurrentes, sequías y otros eventos relacionados con el clima, cuya gestión reviste interés en la escena internacional (Romero, 2010). La ciudad tiene una larga historia de esfuerzos dirigidos a abordar los desafíos asociados al con un significativo crecimiento poblacional y económico en este contexto particular.

Además de prestar atención a los problemas de abastecimiento de agua y drenaje del agua pluvial, este capítulo se centra en la infraestructura de alcantarillado y aguas residuales, así como en el reúso del agua residual. Algunos de los mayores proyectos de infraestructura de agua de México se encuentran en la capital del país y el Valle de México circundante. La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Atotonilco es un buen ejemplo: una vez que entre en operación, será la mayor del país y una de las mayores de su clase en el mundo. El capítulo termina con algunas consideraciones sobre la gobernanza del agua y la necesidad de nuevos mecanismos institucionales para gestionar el agua en el Valle de México. A la luz de la relevancia económica que tiene la Ciudad de México para el país, prestar una atención adecuada a estos asuntos no es solo una preocupación regional o local, sino que tiene importancia nacional.

## Contexto histórico del agua y la ciudad de México

La Ciudad de México es el área urbana con mayor población de América Latina. Está situada en el Valle de México, en una cuenca endorreica. La cuenca era originalmente un área lacustre con tres lagos principales: Texcoco, Xochimilco y Chalco Xaltocan. Actualmente, solo hay pequeñas lagunas en Xochimilco y Zumpango. El Valle de México, con una altitud promedio de 2.240 metros sobre el nivel del mar y un área de 9.560 km<sup>2</sup>, está rodeado de montañas de diversa altitud, de las cuales, algunas tienen más de 3.000 metros. Sus ríos bajan por pendientes pronunciadas que originalmente alimentaban los lagos de la cuenca y producían inundaciones graves. En la actualidad, es fácil ver que los problemas de recursos hídricos de la Ciudad de México, prácticamente sin lagos para almacenar agua, con una gran área impermeable y una enorme población que demanda agua y descarga aguas residuales, son de gran magnitud.

De hecho, la ciudad ha luchado con sus recursos hídricos desde su fundación en 1325. En la época precolombina, la ciudad enfrentaba serios problemas de abastecimiento de agua porque la que contenía el lago fue contaminada rápidamente por el vertido de desechos humanos provenientes de la ciudad. Los aztecas resolvieron el problema de suministro construyendo un canal para llevar agua dulce desde Chapultepec, parte del área urbana de la moderna Ciudad de México, a Tenochtitlán, que ahora es el centro histórico de la ciudad. Los primeros sistemas de abastecimiento de agua de la ciudad tenían que ser reparados constantemente; durante la época colonial, y se construyeron otros sistemas. Entre los primeros sistemas de abastecimiento de agua destaca el acueducto de Santa Fe, erigido en 1620 para llevar a la ciudad agua desde las fuentes de Santa Fe, localizadas en el parque nacional Desierto de los Leones, que era después distribuida por canoa a la población. En los periodos precolombino y colonial, prácticamente no existían sistemas de drenaje y de eliminación de aguas residuales.

Las inundaciones han afectado a la Ciudad de México desde su establecimiento por los aztecas, quienes construyeron diques para proteger sus ciudades. El primer dique fue construido por el rey Ahuizotl después de una grave inundación en 1499 y el segundo y mayor comenzó a ser construido por el rey Netzahualcoyotl de Texcoco en el mismo año y todavía lleva su nombre. El dique dividía el lago Texcoco, origen de muchas inundaciones que devastaron Tenochtitlan (la ciudad-estado azteca situada en el lugar que hoy ocupa la Ciudad de México) durante toda su historia. La construcción de diques para controlar las inundaciones continuó durante la mayoría del periodo colonial. El más importante fue el de San Lázaro, que conectaba las calzadas de Tepeyac y Tacuba, en la isla de Tenochtitlan, a la orilla del lago, formando así una gran presa que protegía la parte oeste de la ciudad de las inundaciones. Esta construcción estaba complementada con diques más pequeños para proteger el este de la ciudad.

Sin embargo, en la época colonial, la Ciudad de México se encontraba a tan solo un metro sobre el nivel promedio del lago Texcoco; en los años lluviosos, las inundaciones de la ciudad eran tan frecuentes que las autoridades coloniales consideraron simplemente trasladarla. A medida que creció la ciudad, se consideró que era ineficaz construir más diques. Por consiguiente, en 1607-1608, el gobierno colonial decidió drenar los lagos, percibidos también como causantes de enfermedades recurrentes que diezaban la población. Después de varios intentos fallidos y muy costosos, el drenaje se llevó a cabo finalmente casi dos siglos después, en 1788, al mismo tiempo que se inauguraba una salida artificial para las aguas de la cuenca formada por canales que cruzaban las montañas en la zona conocida como Nochistongo. Esto llevó a tener excedentes de agua en la cuenca colindante del río Tula (Tortolero, 2000).

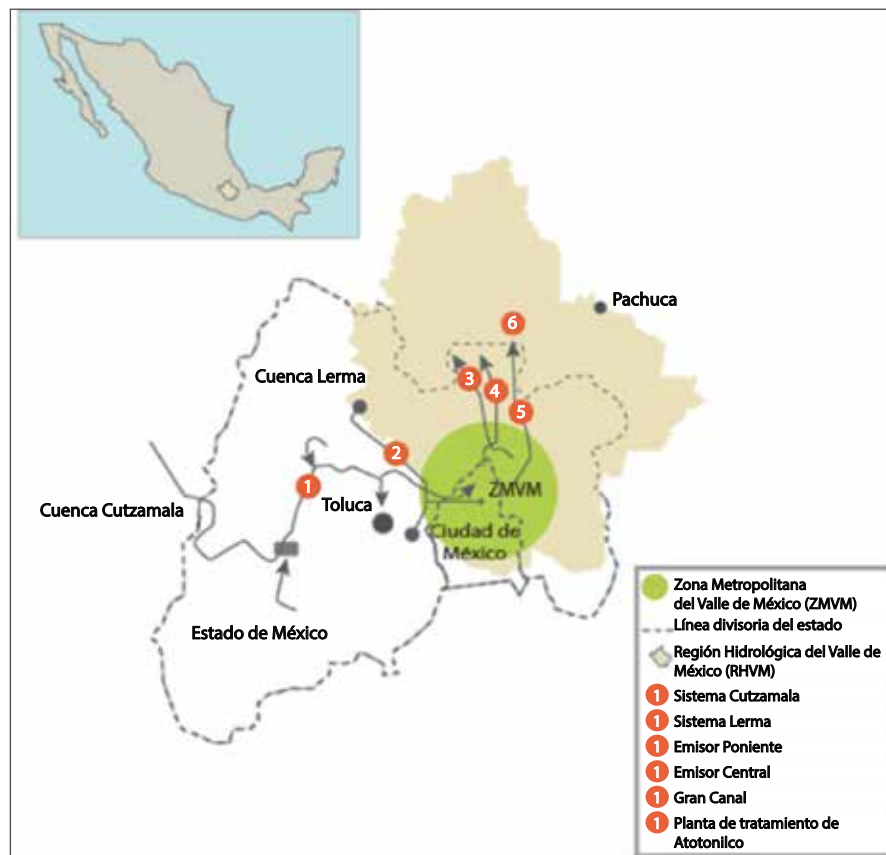


Desde finales del siglo XVIII, la estrategia de protección contra las inundaciones en el Valle de México se centró en la construcción de desagües adicionales para llevar los excedentes de agua desde la cuenca endorreica hasta cuencas vecinas mediante la combinación de canales a cielo abierto y túneles. Sin embargo, la desecación de los lagos del Valle de México ha privado a la ciudad prácticamente de toda capacidad de almacenamiento de agua superficial. Esto ha conducido a una seria sobreexplotación de los acuíferos.

### Abastecimiento de agua

El área metropolitana de la Ciudad de México es gestionada por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) como parte de la Región Hidrológica del Valle de México (RHVM) (figura 7.1). La RHVM es responsable de la cuenca del Valle de México y la cuenca colindante del río Tula. Estas dos cuencas independientes están conectadas ya que la última recibe flujos de aguas residuales procedentes de la Ciudad de México. Esta región hidrológica administrativa cubre ahora una de las mayores áreas metropolitanas del mundo –la Ciudad de México, con su Distrito Federal y las conurbaciones de los Estados de México e Hidalgo. La Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) comprende 16 delegaciones del Distrito Federal y 18 municipios del estado de México. El área urbana es de 3.540 km<sup>2</sup>, equivalente al 37 por ciento del área total de la RHVM.

**Figura 7.1**  
**Localización geográfica de la RHVM y panorama general de las fuentes de abastecimiento de agua y drenaje en la ZMVM**



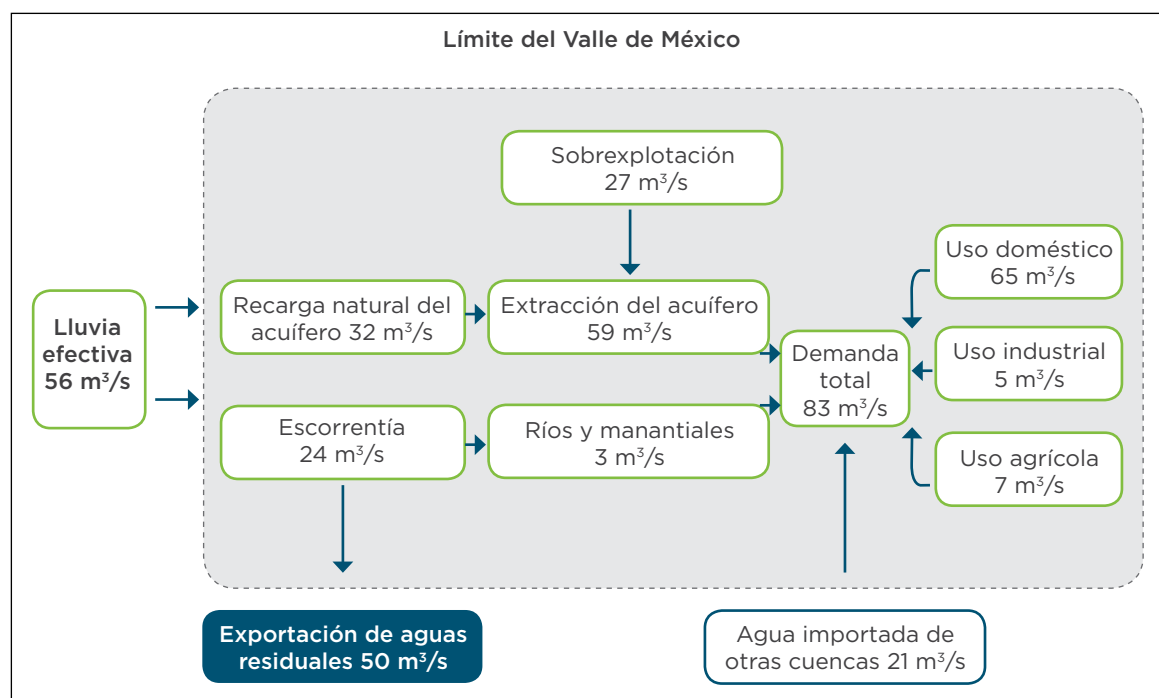
Fuente: Autores

La población de México en 2010 era de 113 millones de personas, mientras que en el mismo año la población de la RHVM era de unos 20 millones o el 18 por ciento de la población total del país (UNFPA, 2011). La alta densidad de población en la RHVM, un área urbana muy poblada y en continuo crecimiento, ha causado un enorme desequilibrio entre la disponibilidad y la demanda de agua, como muestra la figura 7.2. La demanda de agua en el valle asciende a 83 m<sup>3</sup>/s, mientras que el flujo disponible es en promedio de 32 m<sup>3</sup>/s (Aguirre Díaz, 2012). Para cubrir parte de este déficit, se importa agua de las cuencas vecinas.

La sobreexplotación de los acuíferos del valle compensa la mayoría del déficit de agua. La extracción promedio de agua es de 59 m<sup>3</sup>/s, mientras que la recarga natural es de solo 32 m<sup>3</sup>/s (Aguirre Díaz, 2012). En esta área, donde existieron en otro tiempo lagos, el nivel freático está ahora localizado a una profundidad de 30 a 220 metros y, excepto en unas pocas áreas específicas, el agua subterránea de los acuíferos tiene todavía una alta calidad. Las áreas potenciales de contaminación no han tenido un efecto significativo en el conjunto de los acuíferos (Ramos Leal et al., 2010). Esto puede deberse en parte al hecho de que las aguas residuales de la Ciudad de México, mezcladas con agua pluvial durante la temporada de lluvias, es exportada fuera de la cuenca.

El sistema que más contribuye al agua importada al Valle de México es el de Cutzamala (figura 7.1). Este complejo sistema de infraestructura hidráulica comprende cuatro presas, estaciones de bombeo y conducciones para subir agua desde la presa de Colorines, situada a 1.629 metros sobre el nivel del mar, hasta el tanque de almacenamiento de Santa Isabel, a 2.681 metros sobre el nivel del mar. Este sistema fue diseñado para tener una capacidad de 19 m<sup>3</sup>/s, pero normalmente opera con 17 m<sup>3</sup>/s. El agua potable del sistema de Cutzamala es transportada y distribuida a las áreas urbanas del Estado de México y del Distrito Federal mediante grandes ductos de transmisión y una amplia red de distribución (Luege, 2012).

**Figura 7.2**  
**Balance del agua en el área metropolitana del Valle de México**



Fuente: Autores, basándose en datos de Ardavín (2013)

Sin embargo, el futuro presenta desafíos importantes para la RHVM. Para 2030, se prevé que la población llegue a los 26 millones de personas –6 millones más que en la actualidad. La demanda actual de agua en la región es de aproximadamente 149 m<sup>3</sup>/s, mientras que la producción para un suministro sostenible ha sido calculada en 114 m<sup>3</sup>/s. Para 2030, se calcula que la demanda alcance los 168 m<sup>3</sup>/s, lo que hará aumentar la brecha entre oferta y demanda a 54 m<sup>3</sup>/s (CONAGUA, 2012a). La brecha puede cerrarse en cierta medida con la explotación adicional de recursos hídricos subterráneos en el valle.

Ante este escenario, las autoridades gubernamentales responsables de la gestión del agua en la RHVM han propuesto una combinación de medidas de política pública: i) incrementar la eficiencia hídrica, procurando reducir la demanda con una mejor comprensión del valor del agua; y ii) desarrollar nuevas fuentes de agua fuera de la cuenca del Valle de México. La mejor fuente de suministro para la cuenca es probablemente la cuenca del río Tula, que todavía tiene acuíferos con excedentes de agua. Sin embargo, desarrollar esta opción será difícil porque el vecino estado de Hidalgo deberá estar de acuerdo con un proyecto de transferencia de agua entre cuencas de este tipo y, actualmente, la población local de ese estado mantiene una fuerte oposición.

El desarrollo de fuentes de agua subterránea en el Valle de México tiene múltiples consecuencias, incluida la compactación de los estratos de arena y arcilla que forman el subsuelo del valle, con la consiguiente subsidencia sustancial del suelo en algunas áreas. Por ejemplo, el centro histórico de la Ciudad de México se está hundiendo a un ritmo de 10 cm/año, mientras que en el Valle de Chalco, que antiguamente tuvo un lago con el mismo nombre, la tasa de subsidencia llega ahora a 60 cm/año. El hundimiento acumulado en el periodo entre 1862 y 2011 asciende a 13 metros en el aeropuerto de la Ciudad de México. En el mismo periodo, la subsidencia en un sector amplio del área metropolitana de la Ciudad de México ha sido de 6 a 9 m (Arreguín, 2012). Como se explicará posteriormente, este fenómeno tiene serios efectos adversos sobre la infraestructura de agua, especialmente sobre el sistema de drenaje de aguas pluviales y residuales.

## Sistemas de drenaje de agua de lluvia y residual

Los sistemas de drenaje de agua de lluvia y residual del Valle de México están conectados al *Gran Canal*, un sistema por gravedad que está operativo desde 1910 y tiene capacidad para evacuar 80 m<sup>3</sup>/s. Los otros componentes importantes del sistema de drenaje del Valle son el Túnel Emisor Central, con una capacidad, según su diseño, de 170 m<sup>3</sup>/s, y el Túnel Emisor Poniente, con una capacidad de 30 m<sup>3</sup>/s. Como consecuencia de la subsidencia en el área central de la Ciudad de México, la pendiente de algunas secciones del Gran Canal ha disminuido y algunas han pasado a tener incluso una inclinación negativa, convirtiéndose en canales invertidos. El resultado es que, en 2007 la capacidad del Gran Canal se había reducido a tan solo 15 m<sup>3</sup>/s. En el mismo año, como consecuencia de años en operación sin un mantenimiento importante, la capacidad del Túnel Central se había reducido a 120 m<sup>3</sup>/s. Por tanto, la capacidad total del sistema de drenaje del Valle de México (aguas pluviales y residuales) ha disminuido de 280 m<sup>3</sup>/s en 1975 a 165 m<sup>3</sup>/s en 2007 y se prevé que continúe descendiendo (Harding y Willis, 2010). Esta situación ha significado crecientes riesgos de inundación y problemas de salud ambiental relacionados con la incapacidad de evacuar de manera eficaz las aguas residuales de las áreas urbanas.

En los últimos años, se han tomado diversas medidas para aumentar la capacidad de drenaje del valle y su resiliencia a las inundaciones. En el Gran Canal, se construyó una estación de bombeo que incrementó la capacidad de 15 a 45 m<sup>3</sup>/s –una mejora, aunque todavía está lejos de los 80 m<sup>3</sup>/s de capacidad de su diseño. Puesto que la subsidencia continúa, la estación de bombeo es solo una solución temporal, pero ha permitido realizar obras de mantenimiento importantes en el Túnel Emisor Central. Hay consenso a nivel técnico de que la capacidad de evacuación de agua desde la cuenca del Valle de México debería ser de 315 m<sup>3</sup>/s, mientras que la capacidad operativa actual es de solo 195 m<sup>3</sup>/s. Por tanto, actualmente hay un déficit de 120 m<sup>3</sup>/s (cuadro 7.1).

En 2010, fue lanzado el proyecto de Túnel Emisor Oriente para aumentar la capacidad del sistema de drenaje del valle. El túnel, en construcción, tendrá 62 km de largo y 7 metros de diámetro y transportará 120 m<sup>3</sup>/s en condiciones normales, operando como un canal por gravedad, y hasta 150 m<sup>3</sup>/s en condiciones de emergencia, operando bajo presión (Harding y Willis, 2010). Una vez que el túnel entre en operación, el valle podrá afrontar tormentas extremas que tienen periodos de recurrencia de 50 años. El Túnel Emisor Oriente comprende 24 entradas verticales con profundidades de 34,5 a 119 metros. El túnel principal drenará el caudal originado en la cuenca hacia la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Atotonilco, que está en su última fase de construcción. El túnel constituye una obra extremadamente compleja debido a la geología y las características del suelo (que incluye materiales blandos) en el área de construcción, así como a la presión hidráulica de hasta 4,2 bares. Sin lugar a dudas, es uno de los túneles de drenaje más interesantes que se encuentran en construcción en el mundo.

El sistema de control de inundaciones en el Valle de México también incluye un grupo de 29 presas pequeñas, con una capacidad combinada de aproximadamente 31 millones de m<sup>3</sup>, que controlan las crecidas reteniendo temporalmente las escorrentías de varios ríos en las montañas que rodean el valle. Se prevé que el sistema desvíe el exceso de agua al sistema de drenaje profundo que se encuentra actualmente en construcción. Sin embargo, debido a la existencia de asentamientos urbanos informales cerca de los ríos y las quebradas, estas presas de control de las inundaciones no pueden llenarse hasta sus niveles óptimos. Además, la sedimentación ha reducido la capacidad de almacenamiento de las presas en más del 30 por ciento (Cisneros Iturbe y Domínguez Mora, 2007). Para mejorar su capacidad operacional, los sedimentos son retirados regularmente mediante su dragado, pero esta es una solución cara e insostenible, exacerbada por las dificultades para encontrar lugares adecuados para depositar el material extraído.

### Cuadro 7.1

#### Capacidad de drenaje del sistema del Valle de México, 1975-2010 (m<sup>3</sup>/s)

Componente del sistema	Año		
	1975	2007	2010
Gran Canal	80	15	45
Túnel Emisor Poniente	30	30	30
Túnel Emisor Central	170	120	120
Total	280	165	195

Fuente: Basado en datos de Ardavín (2013)

## Infraestructura de alcantarillado y aguas residuales

El área metropolitana de la Ciudad de México ha combinado la red de aguas residuales y pluvial, la cual tiene un flujo de descarga de entre 45 y 300 m<sup>3</sup>/s, dependiendo de si es la estación seca o de lluvias (Jiménez Cisneros y Chávez Mejía, 1997). Las aguas residuales generadas en la ciudad son transportadas casi exclusivamente por un conducto principal de 68 km de largo, el Emisor Central, construido en 1975. El túnel Emisor Central sigue siendo uno de los mayores proyectos de infraestructura de México, pero la capacidad hidráulica prevista en el diseño de este conducto ha disminuido significativamente debido a una subsidencia del suelo de unos 10 cm/año, lo cual ha modificado el alineamiento y la inclinación del canal. La capacidad del sistema en general ha disminuido de 280 a 165 m<sup>3</sup>/s (40 por ciento) entre 1975 y 2008 (Harding y Willis, 2010).

Se estima que la producción promedio de aguas residuales del área metropolitana de la Ciudad de México llega a 106 m<sup>3</sup>/s, lo que incluye las aguas residuales municipales e industriales, así como la escorrentía de agua pluvial (Downs et al., 1999; Chávez et al., 2011). A finales de la década de 1990 había 16 plantas secundarias de tratamiento de aguas residuales en el área urbana, con una capacidad para tratar aproximadamente el 6 por ciento de las aguas generadas. El agua residual tratada era utilizada para el riego de parques urbanos, jardines e instalaciones de recreo (Jiménez Cisneros y Chávez Mejía, 1997). En 2011 había 85 pequeñas plantas de tratamiento de aguas residuales en el área urbana, con una capacidad combinada para tratar aproximadamente 6,35 m<sup>3</sup>/s, o el 23 por ciento del promedio de aguas residuales generadas diariamente (CONAGUA, 2011).

Pese a haber aumentado la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales, más del 70 por ciento de las aguas residuales producidas en el área metropolitana de la Ciudad de México son todavía descargadas al ambiente sin tratamiento alguno; esta agua es usada aguas abajo para el riego agrícola en la cuenca del río Tula (Siemens et al., 2008) (figura 7.1). Al mismo tiempo, las fugas del sistema de alcantarillado se han convertido en la principal fuente de contaminación de las aguas subterráneas en el Valle de México (Félix Cañedo et al., 2013).

## Reúso de aguas residuales para la agricultura

Las aguas residuales generadas en el área metropolitana de la Ciudad de México fluyen por gravedad hacia el valle de Tula, localizado en el estado de Hidalgo, al norte de la ciudad (figura 7.1). En el valle de Tula, el agua residual cruda es distribuida a través de canales y presas para el riego agrícola. El reúso de las aguas residuales de la Ciudad de México para el riego comenzó a principios de la década de 1990 y actualmente hay miles de campesinos que la utilizan en un área de 84.500 hectáreas (Chávez et al., 2011). El reúso de las aguas residuales en el Valle del Mezquital, un valle más pequeño dentro del valle de Tula, comenzó en 1912 –es el mayor y más antiguo ejemplo de irrigación agrícola usando aguas residuales municipales en el mundo (Jiménez y Chávez, 2004; Siemens et al., 2008) (recuadro 7.1).

La reutilización de aguas residuales tratadas de forma adecuada ha sido identificada como una gestión del agua muy ventajosa (véase el recuadro 7.1), mientras que el uso de aguas residuales crudas para el riego puede afectar seriamente de manera adversa las fuentes de agua superficiales y subterráneas. Se han encontrado altas concentraciones de microorganismos, como bacterias coliformes fecales, bacteriófagos somáticos, *Giardia* spp. y huevos de helminto en aguas superficiales y subterráneas del Valle del Mezquital (Chávez et al., 2011). Igualmente, se ha informado de altas

concentraciones de microcontaminantes orgánicos, principalmente productos de cuidado personal, componentes farmacéuticos y otros componentes orgánicos emergentes, así como metales pesados, en los cuerpos de agua del Valle del Mezquital (Siemens et al., 2008; Félix Cañedo et al., 2013; Calderón Preciado et al., 2011; Gallegos et al., 1999).

La reutilización de aguas residuales crudas de la Ciudad de México ha cambiado las propiedades del suelo en el Valle del Mezquital por el vertido de sustancias inorgánicas que afectan negativamente la productividad del suelo a largo plazo (Bahri, 1999; Lucho Constantino et al., 2005). En las dos últimas décadas, se ha documentado la presencia de contaminantes inorgánicos indeseables en el suelo y el agua subterránea del Valle del Mezquital, incluidos metales pesados y boro.<sup>1</sup> También se han encontrado contaminantes industriales, generados en el corredor de Tula-Tepeji-Vito, en diferentes plantas y cultivos (Zambrano García et al., 2009; Downs et al., 1999; Lucho Constantino et al., 2008; Prieto García et al., 2007).

## Recuadro 7.1

### Reutilización de aguas residuales en el Valle del Mezquital

El Valle del Mezquital, a 80 km al norte de la Ciudad de México, tiene aproximadamente 450.000 habitantes en 294 comunidades rurales. La precipitación anual promedio, desde mayo a octubre, es de 450 mm y la evaporación potencial de 2.100 mm (Lucho Constantino et al., 2005; DFID, 1998). La principal actividad en el valle es la agricultura en tres distritos de riego. Las principales cosechas son de maíz y alfalfa.

Debido a las características del suelo del valle, se necesitan grandes volúmenes de agua de regadío –entre 15.000 y 22.000 m<sup>3</sup>/ha/año– que se consigue mediante el uso de aguas residuales crudas de la Ciudad de México. El uso prolongado de aguas residuales para el regadío en el valle ha llevado a un incremento importante de la recarga del acuífero, estimada en 25 m<sup>3</sup>/s, o 13,3 veces más que su tasa de recarga natural (Jiménez et al., 2000). Como consecuencia, el nivel freático ha subido de manera constante y agua de manantial está aflorando con flujos de 0,1 a 0,6 m<sup>3</sup>/s. Similarmente, el caudal promedio del río principal en el valle de Tula ha aumentado de 1,6 a 12,7 m<sup>3</sup>/s en los últimos 50 años. Estos volúmenes adicionales de agua, en tanto que fuente principal de agua de regadío, han favorecido el desarrollo económico de otras regiones aguas abajo (Jiménez y Chávez, 2004).

Se han identificado varias ventajas del riego con aguas residuales: un rendimiento mayor de las cosechas, la producción a lo largo de todo el año y la capacidad de cultivar una mayor variedad de productos. Además, el uso agrícola de aguas residuales permite reciclar materias orgánicas y aporta otros nutrientes al suelo, además de reducir las necesidades de fertilización. El uso de aguas residuales en la estrategia de riego es un método de disposición de las aguas residuales de bajo costo, que evita el vertido de contaminantes a los cuerpos de agua superficiales e incrementa la eficiencia económica de las inversiones realizadas para la disposición de aguas residuales y para el regadío (Lucho Constantino et al., 2005; Jiménez, 2006). Sin embargo, pueden surgir inconvenientes serios cuando se usa agua de baja calidad sin control, como sucede con las aguas residuales crudas procedentes de la Ciudad de México para el riego del valle de Mezquital (Cifuentes et al., 1994; Downs et al., 1999; Friedel et al., 2000; Siebe, 1994; Justin Cajuste et al., 2001).

La presencia de contaminantes químicos y microbiológicos en el agua, el suelo y los cultivos, provenientes del riego con aguas residuales crudas, puede tener serias consecuencias para la salud humana y animal. Se han detectado fenotipos de *Escherichia coli* en cosechas de verduras para ensalada, que se consumen crudas, cultivadas en la zona (Castro Rosas et al., 2012). Los grupos de población más afectados por la amplia variedad de contaminantes transportados por las aguas residuales utilizadas para el regadío son los trabajadores agrícolas, los consumidores de esos productos y los habitantes de las áreas colindantes (siendo los más vulnerables los niños y los ancianos) (Cifuentes et al., 2000; Jiménez, 2006). Existen fuertes evidencias analíticas de la ocurrencia de infecciones entéricas –especialmente por helmintos (p. ej., *Ascaris lumbricoides* y *Trichuris trichuria*) y giardiasis– en trabajadores agrícolas expuestos a aguas residuales sin tratar utilizadas para el regadío (Cifuentes et al., 1994, 2000) y el riesgo de cólera y fiebres tifoideas en consumidores de verduras crudas (Castro Rosas et al., 2012). Los contaminantes orgánicos son conocidos por ser resistentes al agua y mostrar una amplia variedad de efectos biológicos, desde toxicidad aguda hasta la capacidad de alterar el sistema endócrino, y muchos de ellos no pueden ser eliminados usando procesos convencionales de tratamiento de aguas residuales (Bandala et al., 2013a,b).

## **Estrategias del Gobierno para mejorar la gestión del agua**

El plan hídrico 2030 de CONAGUA para la Ciudad de México ofrece orientación para diseñar e implementar una gestión integrada y sostenible de las cuencas y los acuíferos, para reforzar la eficiencia en el uso de los recursos hídricos y para mejorar la calidad del agua (CONAGUA, 2012a). Hay un amplio consenso sobre la importancia crítica que tiene la reutilización de las aguas residuales como parte de una estrategia de gestión sostenible del agua en la Ciudad de México. Afortunadamente, también hay un acuerdo generalizado sobre la necesidad de implementar prácticas de gestión innovadoras para la utilización óptima y sanitariamente segura de los flujos importantes de aguas servidas generadas en la ciudad. Para lograr los objetivos del plan hídrico, se han determinado las áreas estratégicas expuestas a continuación.

### **Mejorar la gestión de los residuos sólidos**

La mejora de la gestión de los residuos sólidos está estrechamente relacionada con la gestión sostenible del agua. Se estima que los residuos sólidos generados en Ciudad de México representan 1,45 kg por persona al día, de los cuales un alto porcentaje va directamente al sistema de drenaje y de aguas residuales de la ciudad. Esto no solo contamina el sistema, sino que también contribuye a las inundaciones durante la temporada de lluvias (Durán Moreno et al., 2013).

### **Controlar las fuentes de contaminación no puntuales**

Contaminantes como los metales pesados y las materias orgánicas tóxicas en los efluentes industriales son difíciles de eliminar de las aguas residuales, pero es fácil evaluar su contribución a la degradación de los ecosistemas. Sin embargo, las fuentes no puntuales de contaminación son difíciles de cuantificar. La cantidad de sustancias contaminantes (orgánicas, inorgánicas o microbiológicas) vertidas en las aguas residuales de la Ciudad de México, que después llegan a otras áreas (p. ej. al Valle del Mezquital) y contaminantes provenientes de la deposición atmosférica, las escorrentías, el drenaje agrícola y la infiltración en el suelo, solo han

sido estudiadas parcialmente. Sin embargo, lo anterior puede contribuir a generar problemas económicos, ambientales y sociales. Es críticamente importante para el plan hídrico 2030 estimar la contribución a la degradación de los ecosistemas de las fuentes no puntuales de contaminación y poner en marcha prácticas de gestión para controlarlas.

### **Mejorar el tratamiento de aguas residuales municipales e industriales**

La reducción de contaminantes en los efluentes de aguas residuales municipales e industriales es probablemente la tarea más importante que hay por delante a corto y mediano plazo. Puesto que las aguas residuales son utilizadas para la irrigación, no se debería buscar la remoción completa de las materias orgánicas y los nutrientes durante el tratamiento de esas aguas. Los parámetros más importantes que se deben considerar en relación con el control de la contaminación son las sustancias orgánicas e inorgánicas tóxicas y los patógenos (Jiménez y Garduño, 2001).

El Gobierno federal de México ha tomado medidas enérgicas para mejorar la situación de las aguas residuales en la Ciudad de México. En 2009, se adjudicó un contrato con una inversión de 1.000 millones de dólares (USD) para el proyecto de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Atotonilco (CONAGUA, 2012b). Esta planta (158 ha) será la más grande de México y una de las mayores de su tipo en el mundo. Las instalaciones de Atotonilco serán capaces de tratar hasta 35 m<sup>3</sup>/s de aguas residuales y manejar residuos sólidos y biosólidos para la producción de energía. Se prevé tratar las aguas servidas producidas por una población de 16 millones de personas. El proyecto también ha sido diseñado para reducir los problemas de inundación recurrentes en las temporadas de lluvias, captando el agua de las precipitaciones, y mejorar la calidad de vida y el medio ambiente para los habitantes actuales y futuros de las áreas rurales y urbanas de la RHVM.

El diseño técnico de la planta de Atotonilco incluye un sistema de control de olores vanguardista y un sistema de gran escala para la disposición de lodos deshidratados. La planta depurará (mediante procesos de tratamiento secundarios) aproximadamente 2 hm<sup>3</sup> durante todo el año y 1,64 hm<sup>3</sup> adicionales durante la temporada de lluvias (CONAGUA, 2012b). Los lodos producidos por la planta serán estabilizados mediante digestión anaeróbica y los gases que produzca serán usados para la cogeneración de energía. La capacidad instalada es de 32,4 MW, que proporcionarán 60 por ciento de las necesidades de energía de la planta. La disposición de los lodos estabilizados se hará *in situ* mediante una operación específica de eliminación de residuos.

## **Gobernanza del agua**

Como otras megaciudades, la Ciudad de México tiene serias dificultades para gestionar sus servicios de agua (Tortajada, 2008). Hay brechas importantes en la gobernanza del agua que se deben considerar en cualquier solución que se proponga para resolver los problemas de abastecimiento de agua, drenaje de agua de lluvia y tratamiento de aguas residuales en el área metropolitana. El cuadro 7.2 muestra los resultados de la aplicación del análisis de brechas de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) para todos los niveles de la gobernanza del agua en la Ciudad de México (OCDE, 2003).

El análisis muestra que uno de los principales problemas de la política pública en la ZMVM es la amplia dispersión de responsabilidades en la gestión del agua. La extracción de agua subterránea, por ejemplo, si bien está autorizada y supervisada



por el Gobierno federal, normalmente es monitoreada por el Distrito Federal y los 18 municipios dentro del área metropolitana de la Ciudad de México. En las áreas urbanas, los sistemas de abastecimiento de agua están bajo la responsabilidad de las empresas de agua urbanas, que normalmente forman parte del gobierno municipal. Los trasvases de agua desde otras cuencas son operados por el Gobierno federal, como en el caso del acueducto de Cutzamala, o por las autoridades estatales, como en el caso de los pozos del acuífero de Lerma que suministra agua a partes de la Ciudad de México. La gestión de los sistemas de drenaje de agua de lluvia presentan problemas similares, y las plantas de tratamiento se encuentran igualmente bajo un complejo sistema organizativo semejante: plantas pequeñas son administradas por el Distrito Federal o los municipios, mientras la nueva planta de Atotonilco será operada por el Gobierno federal. Éste también actúa como enlace con las organizaciones campesinas que utilizan aguas residuales.

### Cuadro 7.2

#### Brechas en la gobernanza del agua en México

Tipo de brecha	Descripción
Administrativa	El desajuste entre las unidades administrativa y funcional (cuerpos de agua, municipios, áreas metropolitanas, regiones, estados) y los límites e imperativos hidrológicos.
Informativa	La asimetría de información entre las distintas partes interesadas limita la estandarización. Registros públicos de derechos al agua y sistemas de medición incompletos. La armonización de datos es una preocupación clave.
Política Pública	Políticas desalineadas y enfoques fragmentados en materia de agua, energía, agricultura, desarrollo territorial y políticas de financiamiento.
Capacidad	Rotación alta de los profesionales del agua. Programas de formación para personal técnico, administrativo y directivo limitados.
Financiamiento	Fuentes de ingreso propias muy limitadas al nivel subnacional. Fuerte dependencia de los programas federales y de los recursos de la CONAGUA.
Objetivo	Falta de continuidad de la política pública en el ámbito local por la limitación de los mandatos políticos (mandato para la alcaldía de tres años)
Rendición de cuentas	Compromiso limitado de las partes interesadas en la gestión integrada de los recursos hídricos (agricultores y comunidades indígenas) y en los servicios de agua y saneamiento (usuarios y consumidores). Mecanismos oficiales limitados para canalizar las demandas.

Fuente: Adaptado por los autores basándose en la OCDE (2013)

Los problemas jurisdiccionales relacionados con la gobernanza del agua han causado conflictos entre los usuarios e incluso entre los gobiernos federal, estatal y municipal. Por ejemplo, en 2003 el Estado de México planteó una controversia constitucional ante la Suprema Corte, argumentando que el Gobierno federal debía pagar varios millones de pesos en compensación por daños ambientales causados por la operación de los pozos de la cuenca de Lerma, que son administrados y operados por el Distrito Federal. La Suprema Corte desestimó el caso en 2009 (Perló y González, 2009).

Como era de esperar, estos mecanismos institucionales son ineficaces y llevan a problemas de gestión y coordinación serios. Entre los principales desafíos para lograr una mejor gobernanza del agua están la falta de incentivos para la cooperación horizontal y la ausencia de sistemas de información comunes (Akhmouch, 2012). De este modo, la toma de decisiones de manera conjunta entre múltiples autoridades del estado de México, el Distrito Federal y el Gobierno federal es lenta y difícil, por ejemplo en el caso del desarrollo de nueva infraestructura. Además, se producen retrasos y surgen complicaciones debido a las diferencias en las prioridades y las capacidades financieras entre esas autoridades responsables. Este fue el caso, por ejemplo, del Túnel Emisor Oriente ya mencionado, del que se sabía que era necesario desde el año 2000, pero cuya construcción comenzó solo ocho años después. Los problemas de coordinación e información son especialmente agudos en situaciones de emergencia, sobre todo en respuesta a las inundaciones en el valle en la temporada de lluvias. A fin de mejorar las capacidades de respuesta en caso de emergencia, se han establecido protocolos que son activados en condiciones meteorológicas predeterminadas y que prevén reglas de operación para cada una de las partes.

El sistema de agua de la Ciudad de México genera problemas de inequidad debido a su tamaño y complejidad y, en gran parte, por las dificultades de transportar agua de manera óptima desde diferentes fuentes. Mientras muchas áreas están bien abastecidas, otras, como Iztapalapa en la parte este de la Ciudad de México, sufren deficiencias crónicas de los servicios de agua. Esto ocasiona malestar social y conflictos frecuentes. El valle necesita imperiosamente nuevas redes que suministren agua (y que estén mejor conectadas). Dada la escasez de agua a la que hace frente la región, se necesitará una combinación de fuentes de abastecimiento nuevas, una mayor eficiencia en el uso del agua y una mejor infraestructura de distribución, para aliviar los problemas actuales de suministro.

La brecha fiscal –que es la diferencia entre los recursos necesarios para gestionar el sistema de agua y los recursos disponibles para este fin mediante el cobro de tarifas y los subsidios gubernamentales– es un problema serio. Uno de los efectos de esa brecha, entre otros, es que la infraestructura hidráulica de la ciudad carece de mantenimiento, lo que se manifiesta en las frecuentes fugas que consumen aproximadamente 30 por ciento del volumen de agua que pasa por el sistema (Aguirre Díaz, 2012). Para reducir la brecha fiscal, se necesitan tarifas que reflejen plenamente los costos. Actualmente, la diferencia entre el precio del agua para los consumidores y el costo total del servicio es tal que genera los desequilibrios mencionados anteriormente. Sin embargo, el tema de las tarifas de agua es muy sensible políticamente, especialmente en el Distrito Federal, y no ha sido abordado de manera adecuada por las autoridades locales que tradicionalmente han aplicado una política de tarifas subsidiadas. En este contexto, se requieren campañas de información y concientización para educar al público sobre la necesidad de pagar más por el agua.

Una estimación reciente sobre las inversiones necesarias solamente para el Distrito Federal indica un monto de aproximadamente 10.000 millones de dólares para los siguientes diez años; esto supone un gasto de capital que supera el presupuesto a largo plazo de los planes actuales (Aguirre Díaz, 2012). Los servicios de agua y alcantarillado en México (como en todas partes) tienen un fuerte carácter político y no está claro cómo financiará la Ciudad de México las inversiones para abastecimiento de agua y saneamiento. Se deben analizar con seriedad y honestidad las tarifas, los tributos y las transferencias, y distanciarlos de las agendas de los partidos políticos tanto como sea posible. De hecho, Cox y Börkey (capítulo 3 de este libro) destacan las complejidades que conlleva el uso de estos instrumentos económicos.

Muchos especialistas de la gobernanza del agua piensan que hace mucha falta un nuevo mecanismo institucional para la gestión del agua en el Valle de México. Una

mayor transparencia y probablemente una nueva entidad regulatoria contribuirían también a hacer avanzar una solución para responder a las preocupaciones respecto al agua del valle. Se ha propuesto la creación de una nueva agencia que sea responsable de operar en su totalidad el sistema metropolitano del agua. Aunque la propuesta está siendo debatida, enfrenta desafíos políticos y legales serios. Muchas cosas pueden depender de lo que se proponga en la Ciudad de México respecto a lo que sin duda es su recurso máspreciado: el agua.

## Conclusiones

El estado actual de los recursos hídricos del área metropolitana de la Ciudad de México es en cierta medida el resultado de su gestión histórica, pero sobre todo es el resultado de las políticas nacionales actuales que se basan en un enfoque geopolítico. La decisión de construir la capital de la Nueva España sobre las ruinas de la capital azteca, tomada por los conquistadores, selló el destino de la ciudad. Desde entonces, durante siglos, la concentración del poder en un estado fuertemente centralizado ha hecho de la Ciudad de México el eje de la vida económica, social y cultural de un país con más de 2 millones de km<sup>2</sup> de territorio.

La fuerza transformadora de la gestión de los recursos hídricos ha sido el crecimiento de población, especialmente durante la segunda mitad del siglo XX. Esto ha significado que los gestores del agua, en su búsqueda de nuevas fuentes de abastecimiento y procesos de saneamiento en una cuenca cerrada, con amenazas recurrentes de inundación, ha estado siempre, hasta cierto punto, intentando ponerse al día respecto a los problemas. La infraestructura hidráulica y los procesos de saneamiento se han vuelto cada vez más caros y la dificultad para proporcionarlos se ha visto exacerbada por el fenómeno de subsidencia como consecuencia de la sobreexplotación de los acuíferos.

Las decisiones tomadas a lo largo de la historia por los responsables de la gestión del agua en la Ciudad de México han estado limitadas, o incluso dominadas, por criterios políticos y no por información técnica o científica. Hoy, el principal camino para resolver los problemas actuales de agua es cambiar de estrategia, de tal manera que los procesos de toma de decisiones privilegien la sostenibilidad y la seguridad hídrica. La infraestructura y las operaciones que se encuentran actualmente en estado de planificación y ejecución darán a la ciudad una mejor futuro. Sin embargo, el desarrollo sostenible del área metropolitana continuará estando comprometido a menos que se logren las condiciones de sustentabilidad (p. ej. el cese de la sobreexplotación de acuíferos) y de que se cierren las brechas existentes en la gobernanza de agua. De todas las brechas, las más importantes son las relacionadas con las políticas públicas, la administración y la participación pública.

Los enfoques potenciales para cerrar las brechas en gobernanza del agua son mejorar la coordinación entre las instituciones involucradas y la creación de una institución autónoma para la gestión hídrica en el área metropolitana. El primer enfoque ha demostrado ser insuficiente, mientras que el segundo parece tener mayores posibilidades de éxito. En cualquier caso, la política futura del agua para el Valle de México debería centrarse en lograr la seguridad y la sostenibilidad del agua de la cuenca a largo plazo, alejándose de un diseño de política pública y una respuesta basados en la crisis. El valle y sus 20 millones de habitantes tienen mucho que perder de la falta de enfoques sostenibles para la gestión de los asuntos del agua.

## Nota

- <sup>1</sup> Este asunto ha sido bien documentado. Entre los diferentes autores que lo han abordado se encuentran los siguientes: Ramírez Fuentes et al., 2002; Flores et al., 1997; Mendoza et al., 1996; Siebe, 1995; Siebe y Cifuentes, 1995; Flores Delgadillo et al., 1992; Cajuste et al., 1991, y Kabala et al., 2011.

## Referencias

- Aguirre Díaz, R. (2012). "Principales retos del sistema de aguas de la Ciudad de México", en V. Calvo (ed.), *El Gran reto del agua en la Ciudad de México, Sistema de Aguas de la Ciudad de México*, Ciudad de México.
- Akhmouch, A. (2012). *Water governance in Latin America and the Caribbean: A multi-level approach*, OECD Publishing, Paris.
- Ardavín, J. R. (2013). "Programa de sustentabilidad hídrica en el Valle de México. El futuro hídrico en la cuenca de México", en *El agua y el Valle de México*, Comisión Nacional del Agua, Ciudad de México.
- Arreguín, C. F. (2012). "Uso estratégico del acuífero", en V. Calvo (ed.), *El gran reto del agua en la Ciudad de México*, Sistema de Aguas de la Ciudad de México, Ciudad de México.
- Bahri, A. (1999). "Agricultural reuse of wastewater and global water management", *Water Science and Technology*, vol. 40, n.º 4-5, pp. 339-346.
- Bandala, E. R., Cossio, H., Sánchez López, A. D., Córdova, F., Peralta Hernández, J. M. y Torres, L. G. (2013a). "Scaling-up parameters for site restoration process using surfactant-enhanced soil washing coupled with wastewater treatment by Fenton and Fenton-like processes", *Environmental Technology*, vol. 34, n.º 3, pp. 363-371.
- Bandala, E. R., Tiro, J. B., Lujan, M., Camargo, F. J., Sánchez Salas, J. L., Reyna, S., Moeller, G. y Torres, L.G. (2013b). "Petrochemical effluent treatment using natural coagulants and an aerobic biofilter", *Advances in Environmental Research*, vol. 2, n.º 3, pp. 229-243.
- Cajuste, L. J., Carrillo, G. R., Cota, G. E. y Laird, R. J. (1991). "The distribution of metals from wastewater in the Mexican Valley of Mezquital", *Water, Air and Soil Pollution*, vol. 57/58, n.º 1, pp. 763-771.
- Calderón Preciado, D., Matamoros, V. y Bayona, J. M. (2011). "Occurrence and potential crop uptake of emerging contaminants and related compounds in an agricultural irrigation network", *Science of the Total Environment*, vol. 412-413, pp. 14-19.
- Castro Rosas, J., Cerna Cortés, J. F., Méndez Reyes, E., López Hernández, D., Gómez Aldapa, C. A. y Estrada García, T. (2012). "Presence of faecal coliforms, Escherichia coli and diarrheagenic E. coli pathotypes in ready-to-eat salads, from an area where crops are irrigated with untreated sewage water", *International Journal of Food Microbiology*, vol. 156, n.º 2, pp. 176-180.
- Chávez, A., Maya, C., Gibson, R. y Jiménez, B. (2011). "The removal of microorganisms and organic micropollutants from wastewater during infiltration to aquifers after irrigation of farmlands in the Tula Valley, Mexico", *Environmental Pollution*, vol. 159, n.º 5, pp. 1354-1362.

- Cifuentes, E., Blumenthal, U., Ruiz Palacios, G., Bennett, S. y Peasey, A. (1994). "Epidemiological panorama for the agricultural use of wastewater: The Mezquital Valley, Mexico", *Salud Pública de México*, vol. 36, n.º 1, pp. 3-9.
- Cifuentes, E., Gómez, M., Blumenthal, U., Téllez Rojo, M. M., Romieu, I.; Ruiz Palacios, G. y Ruiz Velazco, S. (2000). "Risk factors for *Giardia intestinalis* infection in agricultural villages practicing wastewater irrigation in Mexico", *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, vol. 62, n.º 3, pp. 388-392.
- Cisneros Iturbe, H. L. y Domínguez Mora, R. (2007). "The detention dams of Mexico City: New challenges", documento presentado a NOVATECH, Lyon, 25-28 de junio de 2007.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2011). *Estadísticas del Agua en México*, SEMARNAT, Ciudad de México.
- CONAGUA (2012a). *Programa hídrico regional visión 2030. Región hidrológico-administrativa XIII Aguas del Valle de México*, SEMARNAT, Ciudad de México.
- CONAGUA (2012b). *Memoria documental. Planta de tratamiento de aguas residuales de Atotonilco*, SEMARNAT, Ciudad de México.
- DFID (Department For International Development) (1998). *Impact of wastewater reuse on groundwater in the Mezquital Valley, Hidalgo State, Mexico*. CNA, BGS, LSHTM y UB. Informe final - Noviembre de 1998. BGS Informe técnico WC/98/42.
- Downs, T., Cifuentes García, E. y Suffet, I. M. (1999). "Risk screening for exposure to groundwater pollution in a wastewater irrigation district of the Mexico City region", *Environmental Health Perspectives*, vol. 107, n.º 7, pp. 533-561.
- Durán Moreno, A., Garcés Rodríguez, M., Velasco, A., Marín Enríquez, J. C., Gutiérrez Lara, R., Moreno Gutiérrez, A. y Delgadillo-Hernández, N. A. (2013). "Mexico City's municipal solid waste characteristics and composition analysis", *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, vol. 29, n.º 1, pp. 39-46.
- Félix Cañedo, T. E., Durán Álvarez, J. C. y Jiménez Cisneros, B. (2013) "The occurrence and distribution of a group of organic micropollutants in Mexico City's water sources", *Science of the Total Environment*, vol. 454-454, pp. 109-118.
- Flores, L., Blas, G., Hernández, G. y Alcalá, R. (1997). "Distribution and sequential extraction of some heavy metals from soils irrigated with wastewater from Mexico City", *Water, Air and Soil Pollution*, vol. 98, pp. 105-117.
- Flores Delgadillo, L., Hernández Silva, G., Alcalá Martínez, R. and Maples Vermeersch, M. (1992). "Total contents of cadmium, copper, manganese and zinc in agricultural soils irrigated with wastewater from Hidalgo, Mexico", *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, vol. 8, n.º 1, pp. 37-46.
- Friedel, J. K., Langer, T., Siebe, C. y Stahr, K. (2000). "Effects of long term waste water irrigation on soil organic matter, soil microbial biomass and its activities in central Mexico", *Biological Fertilization of Soils*, vol. 31, n.º 5, pp. 441-421.
- Gallegos, E., Warren, A., Robles, E., Campoy, E., Calderón, A., Sainz, M. G., Bonilla, P. y Escolero, O. (1999). "The effects of wastewater irrigation on groundwater quality in Mexico", *Water Science and Technology*, vol. 40, n.º 2, pp. 45-52.
- Harding, D. y Willis, D. (2010). "Soft ground tunnelling on a Mexico City wastewater project", en L. R. Eckert, M. Fowler, M. F. Smithson, R. Bradford y F. Townsend (eds.), *North American Tunnelling 2010 Proceedings*, SME, Littleton, CO.

- Jiménez, B. (2006). "Irrigation in developing countries using wastewater", *International Review for Environmental Strategies*, vol. 6, n.º 2, pp. 229-250.
- Jiménez, B. y Chávez, A. (2004). "Quality assessment a potential use of an aquifer recharged with wastewater: El Mezquital case", *Proceedings of the IWA Conference on Wastewater Reclamation and Reuse*, Ciudad de México.
- Jiménez, B. y Garduño, H. (2001). "Social, political and scientific dilemmas for massive wastewater reuse in the world", en C. Davis y R. McGin (eds.), *Navigating rough waters: Ethical issues in the water industry*, American Water Works Association, Londres.
- Jiménez, B., Chávez, A., Barrios, E. y Pérez, R. (2000). "Impact and potential of reused water in the Mezquital Valley", *Water 21*, n.º 2.3, pp. 34-36.
- Jiménez Cisneros, B. y Chávez Mejía, A. (1997). "Treatment of Mexico City wastewater for irrigation purposes", *Environmental Technology*, vol. 18, n.º 7, pp. 721-729.
- Justin Cajuste, L., Vázquez Alarcón, A., Siebe Grabach, C., Alcantar González, G. y de la Isla de Bauer, M. L. (2001). "Cadmio, níquel y plomo en agua residual, suelo y cultivos en el Valle del Mezquital, Hidalgo, México", *Agrociencia*, vol. 35, n.º 3, pp. 267-274.
- Kabala, C., Karczewska, A., Szopka, K. y Wilk, J. (2011). "Copper, zinc and lead fractions in soils long-term irrigated with municipal wastewater", *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, vol. 42, n.º 8, pp. 905-919.
- Lucho Constantino, C. A., Poggi Varaldo, H. M., Del Razo, L. M., Cebrián, I., Sastre Conde, I., Beltrán Hernández, R. I. y Prieto García, F. (2008). "Arsenic in soil, plants and food chain issues: Effect of wastewater irrigation on arsenic concentration in soils and selected crops of irrigation district 03, Hidalgo State, Mexico", en J. Bundschuh, P. Birkle, M. A. Armienta, P. Bhattacharya, J. Matschullat, P. Birkle y A. B. Mukherjee (eds.), *Natural arsenic in groundwaters of Latin America*, Taylor and Francis Publishers, Abingdon, Reino Unido.
- Lucho Constantino, C. A., Prieto García, F., del Razo, M. L., Rodríguez Vázquez, R. y Poggi Varaldo, H. M. (2005). "Chemical fractionation of boron and heavy metals in soils irrigated with wastewater in central Mexico", *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol. 108, n.º 1, pp. 57-71.
- Luege, J. L. (2012). *El sistema Cutzamala. El cárcamo de Dolores, en el agua y el Valle de México*, Comisión Nacional del Agua, Ciudad de México.
- Mendoza, C. A., Cortes, G. y Muñoz, D. (1996). "Heavy metal pollution in soils and sediments of rural developing district 063, Mexico", *Environmental Toxicology and Water Quality*, vol. 11, n.º 4, pp. 327-333.
- OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos) (2013). *Hacer posible la reforma de la gestión del agua en México*, estudios sobre agua, OCDE, Paris.
- Oswald, U. (2011). "Aquatic systems and water security in the Metropolitan Valley of Mexico City", *Current Opinion in Environmental Sustainability*, vol. 3, n.º 6, pp. 497-505.
- Perló, M. y González, A. E. (2009). *Guerra por el agua en el Valle de México?*, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.

- Prieto García, F., Lucho Constantino, C. A., Poggi Valardo, H., Álvarez Suárez, M. y Barrado Esteban, E. (2007). "Caracterización fisicoquímica y extracción secuencial de metales y elementos trazas en suelos de la región Actopan-Ixmiquilpan del distrito de riego 03, Valle de Mezquital, Hidalgo, México", *Ciencia Ergo Sum*, vol. 14, n.º 1, pp. 69-80.
- Ramírez Fuentes, E., Lucho Constantino, C., Escamilla Silva, E. y Dendooven, L. (2002). "Characteristics and carbon and nitrogen dynamics in soil irrigated with wastewater for different lengths of time", *Bioresource Technology*, vol. 85, pp. 179-187.
- Ramos Leal, J. A., Noyola Medrano, C. y Tapia Silva, F. O. (2010). "Aquifer vulnerability and groundwater quality in megacities: case of the Mexico Basin", *Environ Earth Sci.*, vol. 61, pp. 1309-1320.
- Romero, P. (2010). "Water in Mexico City: What will climate change bring to its history of water-related hazards and vulnerabilities?", *Environment and Urbanization*, vol. 22, n.º 1, pp. 157-178.
- Siebe, C. (1994). "Acumulación y disponibilidad de metales pesados en suelos regados con aguas residuales en el distrito de riego 03, Tula, Hidalgo, México", *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, vol. 10, n.º 1, pp. 15-21.
- Siebe, C. (1995). "Heavy metal availability to plants and soils irrigated with wastewater from Mexico City", *Water Science and Technology*, vol. 32, n.º 12, pp. 29-34.
- Siebe, C. y Cifuentes, E. (1995). "Environmental impact of wastewater irrigation in central Mexico: an overview", *International Journal of Environmental Health Research*, vol. 5, n.º 2, pp. 161-173.
- Siemens, J., Huschek, G., Siebe, C. y Kaupenjohann, M. (2008). "Concentration and mobility of human pharmaceuticals in the world's largest wastewater irrigation system, Mexico City-Mezquital Valley", *Water Research*, vol. 42, n.º 8-9, pp. 2124-2134.
- Tortajada, C. (2008). "Challenges and realities of water management of megacities: the case of the Mexico City Metropolitan area", *Journal of International Affairs*, vol. 61, n.º 2, pp. 147-166.
- Tortolero, V. A. (2000). *El agua y su historia. México y sus desafíos hacia el siglo XXI*, Siglo XXI Editores, Ciudad de México.
- UNFPA (Fondo de Población de las Naciones Unidas) (2011). *Estado de la población mundial 2011*, Fondo de Población de las Naciones Unidas, Nueva York.
- Zambrano García, A., Medina Coyotzin, C., Rojas Amaro, A., López Veneroni, D., Chang Martínez, L. y Sosa Iglesias, G. (2009). "Distribution and sources of bioaccumulative air pollutants at Mezquital Valley, Mexico, as reflected by the atmospheric plant *Tillandsia recurvata* L.", *Atmospheric Chemistry and Physics*, vol. 9, pp. 6479-6494.

## 8 El abastecimiento urbano de agua subterránea en las ciudades de América Latina

### Panorama y casos de la Ciudad de México y São Paulo

*Jürgen Mahlknecht*

*Ricardo Hirata*

*Rogelio Ledesma Ruiz*

#### Introducción

Hay 50 veces más agua subterránea en el planeta que en los ríos, lagos y otros cuerpos de agua superficiales (NWC, 2012). En materia de abastecimiento de agua, generalmente se prefiere el agua subterránea al agua superficial cuando existe la opción de elegir entre ambas. Esto se debe a que el agua subterránea se encuentra a menudo cerca del área a la que abastece (por lo general, directamente debajo de la misma), está bien protegida de la contaminación superficial por lo que necesita un tratamiento mínimo para lograr una alta calidad, y es menos susceptible a la sequía y otras variaciones climáticas que el agua superficial. También se debe a la naturaleza de las inversiones para el desarrollo de infraestructura para el agua subterránea: si se planean adecuadamente, las inversiones en este tipo de infraestructura se pueden hacer más paulatinamente que las de infraestructura de agua superficial; esto permite que se dé una creciente demanda privada, municipal e industrial con menos inversión y gastos de operación (Howard y Gelo, 2003). El agua subterránea está además distribuida de manera más uniforme en regiones grandes. Por tanto, no es sorprendente que el origen y desarrollo de muchas de las ciudades más pobladas del mundo, incluidas algunas de América Latina, se explique por la calidad del agua subterránea obtenida de pozos poco profundos (Zektser y Everett, 2004).

El agua subterránea representa la cuarta parte del total de agua extraída en el mundo y casi la mitad del agua potable, una consecuencia del creciente costo, la competencia por y la pérdida de calidad del agua superficial en casi todas partes (UNESCO-ONU/WWAP, 2009). Más de la mitad de las megaciudades del mundo dependen de los acuíferos subterráneos para, por lo menos, cubrir la cuarta parte de su suministro de agua (p. ej., Bangkok, Pekín, Buenos Aires, Calcuta, Ciudad de México, Dhaka, El Cairo, Yakarta, Lagos, Londres, Manila, Nueva Delhi, Shanghái y Teherán) (Morris et al., 2003; Sahuquillo et al., 2012). En América Latina, unas 18 ciudades importantes y prominentes dependen significativamente de esos acuíferos (Margat, 2008) –Ciudad de México, Puebla, Chihuahua, Mérida (México), San José (Costa Rica), Lima (Perú), São Paulo (Brasil), Santiago (Chile), Salta y Córdoba (Argentina) son solamente algunos de ellas. Dada la prevalencia de pozos privados no regulados, tanto en las áreas rurales como urbanas de América Latina, el número de latinoamericanos que obtienen su agua de fuentes subterráneas puede ser considerablemente mayor de lo que indican las estimaciones oficiales.



Este capítulo ofrece un panorama de los asuntos del agua subterránea en las zonas urbanas de América Latina. El agua subterránea ha sido, y todavía es, una fuente estratégica crítica para el crecimiento sostenido y la prosperidad de las ciudades de la región. Su uso y los problemas relativos a su sostenibilidad merecen mucho más reconocimiento, atención y protección que la que han recibido hasta ahora. El capítulo aborda primero aspectos esenciales del uso del agua subterránea en América Latina para acometer después temas más específicos de la gestión del agua subterránea urbana. Para examinar la provisión y gestión del agua subterránea, así como los desafíos asociados a cada uno, se consideran dos estudios de caso correspondientes a dos de las mayores ciudades de la región: Ciudad de México y São Paulo. Además de ser actualmente dos de las megalópolis más dinámicas del mundo, la Ciudad de México y São Paulo tienen economías de una magnitud comparable a las de países de tamaño mediano. Lo importante es saber que el uso y la gestión de los recursos hídricos subterráneos locales es estratégico para su sostenibilidad y urbanización constantes. Aunque este capítulo es independiente del resto, hay vínculos con los capítulos 4 y 7, los cuales se centran en los temas del agua de São Paulo y Ciudad de México, respectivamente.

## Aspectos del agua subterránea urbana

La urbanización y el incremento consiguiente de las demandas y presiones que conlleva para el abastecimiento de agua superficial convierten al agua subterránea en un recurso clave para los habitantes de los asentamientos urbanos. El agua subterránea es un recurso estratégico en muchos entornos y situaciones, tales como la falta de otras fuentes de agua debido a la sequía, averías en la infraestructura de agua superficial y allí donde el agua superficial está contaminada. Es importante para la irrigación, la ganadería y la producción energética, y es un recurso seguro para la industria.

Sin embargo, el agua subterránea todavía no se entiende del todo (Llamas y Custodio, 2003; Vrba y Verhagen, 2011). Esto se debe, en parte, a que es un recurso oculto, que sufre de una mala caracterización y percepciones equivocadas. Su valoración y monitoreo son más complejos que para el agua superficial, de manera que los gestores de agua normalmente no prestan suficiente atención a la gestión del agua subterránea. Los usuarios finales –por ejemplo, alguien que bebe agua suministrada por sistemas que combinan agua subterránea y superficial–, a menudo no son conscientes de estar consumiendo agua subterránea. La naturaleza del agua subterránea se ajusta bien al viejo proverbio de ‘ojos que no ven, corazón que no siente’.

Desde una perspectiva de sostenibilidad ambiental y ecosistémica, el recurso hídrico subterráneo es prácticamente ignorado. Las importantes funciones ecológicas del agua subterránea carecen de un reconocimiento y una atención casi universal, a pesar de que éste recurso proporciona un caudal básico a los manantiales, los ríos, los lagos, los humedales y las áreas de freatofitos.<sup>1</sup> La contribución promedio de las aguas subterráneas al abastecimiento de agua superficial representa aproximadamente el 50 por ciento, mientras que entre el 5 y 10 por ciento del agua subsuperficial fluye directamente hacia los océanos (Vrba y Verhagen, 2011).

Según estimaciones del año 2010, la extracción total de agua subterránea en el mundo fue de unos 1.000 km<sup>3</sup>. Aproximadamente el 67 por ciento de ese total fue utilizado para la irrigación, el 22 por ciento para uso doméstico y el 11 por ciento para la industria (van der Gun, 2012). La extracción mundial de agua subterránea está aumentando a un ritmo anual de entre 1 y 2 por ciento. Dos tercios de la captación de agua subterránea tiene lugar en Asia, 11 por ciento en América del Norte (excluyendo a México), 8 por ciento en Europa y 7 por ciento en América Latina (incluido México).

En América Latina, aproximadamente la mitad del agua subterránea extraída es utilizada para la irrigación, un tercio tiene un uso doméstico y el resto es para uso industrial.

Las evaluaciones de recursos hídricos subterráneos en términos de recarga, almacenamiento, uso para irrigación, deterioro y huella hídrica han sido documentadas a escala mundial y regional (Gleeson et al., 2012). Organizaciones internacionales, como las Naciones Unidas, la Organización Meteorológica Mundial y el Banco Mundial, ofrecen plataformas y centros donde se pueden consultar documentos y herramientas relativas al agua subterránea. Sin embargo, los datos sobre recursos hídricos subterráneos urbanos son todavía limitados y a menudo poco fiables porque las empresas de agua y saneamiento habitualmente no contabilizan ni monitorean el agua subterránea independientemente de los recursos hídricos de superficie. Además, los datos sobre pozos privados (la mayoría de ellos utilizados para el autoabastecimiento y sin permiso) representan un importante componente ausente de las evaluaciones generales de datos sobre agua subterránea (van der Gun, 2012). Simplemente, no están disponibles los datos comprensivos sobre el uso actual del agua subterránea urbana a nivel mundial y los complejos temas relacionados con ese uso.

## **El desarrollo del agua subterránea urbana y su agotamiento**

En el último siglo, los avances tecnológicos, el crecimiento de población y el progreso económico han fomentado el desarrollo exitoso de fuentes de agua subterránea allí donde las condiciones hidrogeológicas son favorables. Llamas y Martínez Santos (2005) llamaron a este desarrollo la ‘revolución silenciosa’, principalmente por la decisión tomada por millones de agricultores de bombear agua subterránea sin control ni planificación por parte de las autoridades gubernamentales. El desarrollo de recursos hídricos subterráneos ha contribuido significativamente al bienestar en muchos países, pero, en las últimas décadas, ha aumentado la preocupación -incluyendo en América Latina- sobre el impacto antropogénico que el desarrollo agrícola y la urbanización han tenido sobre el recurso. La calidad del agua subterránea se ha reducido paulatinamente como resultado de la falta de sistemas de alcantarillado o las fugas en los mismos, la operación incorrecta de las plantas de tratamiento de agua y una disposición inadecuada de los residuos sólidos y líquidos, especialmente en países de ingresos bajos y medianos. El deterioro de la calidad del agua subterránea es un problema en prácticamente todas las ciudades de la región (PNUMA, 2002). Aunque las causas son numerosas, el grueso de la contaminación antropogénica viene del saneamiento *in situ*, como fosas sépticas y letrinas (Kuroda y Fukushi, 2008). Los pozos perforados en acuíferos no confinados y poco profundos son especialmente propensos a la contaminación y tienen impactos para la salud pública a largo plazo.

Además del deterioro de la calidad del agua subterránea debido a actividades humanas en muchas áreas urbanas de países de América Latina, el uso insostenible del agua subterránea -desde la perspectiva de su rendimiento- ha causado igualmente problemas serios (PNUMA, 2002, WWF, 2011; van der Gun, 2012). Las extracciones de agua subterránea en exceso y sin control han hecho que bajara progresivamente el nivel freático en muchas ciudades latinoamericanas, desde la Ciudad de México hasta Santiago de Chile, haciendo aumentar el costo de extracción debido a la necesidad de perforar cada vez a más profundidad. Hay otros efectos negativos, como la desaparición de manantiales y arroyos, y una subsidencia irreversible del suelo. Lo anterior afecta a los ecosistemas locales y esto último tiene impacto sobre la infraestructura urbana.

A menudo, los problemas de calidad y cantidad asociados a la captación de agua subterránea están vinculados entre sí, como ocurre cuando la calidad del agua se deteriora debido a la extracción de agua subterránea de formaciones geológicas más profundas ricas en arsénico, fluoruro o ambos (p. ej., en la Ciudad de México y Buenos Aires). En las áreas costeras con un crecimiento urbano rápido, la intrusión de agua del mar se ha dado como consecuencia de extracciones intensas y el desarrollo insostenible de recursos hídricos subterráneos (p. ej., Lima y Buenos Aires). La filtración de agua salina en las aguas subterráneas es un problema importante para la sostenibilidad de algunas ciudades de América Latina puesto que la desalinización o la atenuación salina del agua es una propuesta cara que consume mucha energía.

Los escenarios más sombríos de deterioro y agotamiento de las aguas subterráneas tienen una base común: el crecimiento descontrolado. Uno de los comportamientos más destructivos que afectan al agua subterránea –y este es sin duda el caso en toda América Latina– es la construcción de pozos privados y no regulados, por individuos o grupos que actúan de forma independiente (y por interés propio) como respuesta ante un servicio de abastecimiento público de agua caro o deficiente (Hirata et al., 2006). La proliferación de pozos ‘fuera del radar’, privados, ilegales y no regulados es un perfecto y desafortunado ejemplo de ‘la tragedia de los bienes comunes’ (Hardin, 1968) –desafortunado porque casi siempre agota los recursos hídricos subterráneos de todos y, por tanto, interfiere enormemente en la sostenibilidad de las ciudades. Las actividades humanas alteran profundamente el ciclo del agua en lo que respecta a su calidad y cantidad a lo largo del tiempo y del espacio, y el ciclo del agua subterránea no es una excepción. Las actividades humanas pueden reducir la disponibilidad de agua aunque también creen nuevas fuentes. La construcción de edificios y la pavimentación de las calles reduce la capacidad del suelo para filtrar el agua, incrementa la retención de agua de lluvia y reduce la recarga natural a los acuíferos. No obstante, el balance hídrico general puede mostrar un incremento de la recarga a los acuíferos como consecuencia de las fugas en la red de abastecimiento de agua y alcantarillado y en los sistemas de desagüe para aguas pluviales. La combinación de varios factores puede eventualmente llevar a un aumento de los niveles de agua subterránea (‘recuperación de agua subterránea’), como ha ocurrido, por ejemplo, en Buenos Aires (Foster y Garduño, 2002).

## **Agua subterránea y cambio climático**

En general, se reconoce que el cambio climático tiene un impacto importante sobre los recursos hídricos. La mayoría de los climatólogos prevén una intensificación de las precipitaciones y un aumento de la recarga de los acuíferos por el calentamiento de la atmósfera (Grönwall et al., 2010). Sin embargo, hay lagunas de conocimiento importantes con relación a los impactos del cambio climático asociados al agua, especialmente en lo que respecta al agua subterránea. La incertidumbre se debe no solo al limitado conocimiento de las precipitaciones proyectadas y su distribución geográfica, sino también al hecho de que el conocimiento sobre la recarga de agua subterránea es escaso. Hay muchos factores que contribuyen a la incertidumbre respecto a los efectos del cambio climático en el agua subterránea. Uno de ellos es la exactitud de las predicciones de las futuras emisiones de gases con efecto invernadero y cómo estas predicciones se traducen en los modelos relativos al cambio climático global y el agua subterránea.

No obstante, hay un acuerdo general sobre cómo puede el cambio climático alterar la recarga promedio a largo plazo (hasta el final de la década de 2050) y, en consecuencia, los recursos hídricos subterráneos renovables. Se prevé que la recarga

de agua subterránea aumentará en las latitudes del norte, pero disminuirá con fuerza, del 30 al 70 por ciento o incluso más, en algunas zonas semiáridas actuales (Döll, 2009; van der Gun, 2012; Hirata y Conicelli, 2012). Entre las últimas áreas están el centro y norte de México y el noreste de Brasil y Argentina; pero, por supuesto, hay incertidumbres respecto a estas predicciones. Si bien se reconocen las dificultades asociadas a las predicciones a largo plazo de los estudios y modelos de los efectos del cambio climático, cuando se combinan con proyecciones de crecimiento de la población regional y mundial, es claro que tanto el cambio climático como el crecimiento de población tendrán probablemente impactos significativos sobre los recursos hídricos mundiales (Vörösmarty et al., 2000; Loaciga, 2009).

Una gestión conjunta que tenga en cuenta tanto el agua superficial como la subterránea puede desempeñar un papel importante en la superación de los problemas previstos por el cambio climático global (Dillon et al., 2009; van der Gun, 2012). El agua superficial y el agua subterránea son claramente complementarias en muchos aspectos hidrogeológicos, pero hay diferencias importantes en los enfoques de gestión de cada una (cuadro 8.1). Comprender y aprovechar la complementariedad del agua superficial y del agua subterránea es crucial para aumentar la disponibilidad de agua para las actividades económicas y de la sociedad, y para proteger el ambiente y su sostenibilidad. El problema de abastecimiento de agua en las ciudades de América Latina y el cuidado de las cosechas está en muchos casos más relacionado con la variación de las lluvias estacionales que con la adecuación o gestión de la infraestructura de agua local. Aquí es donde entra en juego la complementariedad del agua superficial y del agua subterránea: los acuíferos pueden almacenar grandes cantidades de agua, pero su uso se realiza mediante pozos que generalmente tienen un rendimiento bajo o moderado. En contraste, los ríos y otros cuerpos de agua superficial tienen bajas capacidades de almacenamiento, pero pueden proporcionar un alto rendimiento. Esta característica de la complementariedad es la clave para afrontar los problemas relacionados con el cambio climático.

## **Gestión del agua subterránea en América Latina**

En las tres últimas décadas, muchos países de América Latina han obtenido enormes beneficios sociales y económicos del desarrollo del agua subterránea (Foster y Garduño, 2009). Sin embargo, es difícil obtener datos actualizados sobre el uso y consumo urbano de agua subterránea. Los datos disponibles, generalmente presentados a nivel nacional, muestran que aproximadamente la mitad del agua potable total viene de fuentes subterráneas. Esto varía según los países (figura 8.1): en México, Chile, Perú, la República Bolivariana de Venezuela, Nicaragua, Costa Rica, El Salvador, Surinam, Guyana y Guyana Francesa, la cifra oscila del 50 al 100 por ciento; en Brasil, Colombia, Argentina, el Estado Plurinacional de Bolivia, Guatemala, Belice y Honduras, es del 25 al 50 por ciento; mientras que en Paraguay, Uruguay, Ecuador y Panamá son menos dependientes del agua subterránea (Morris et al., 2003).

**Cuadro 8.1**

**Comparación de agua superficial y subterránea según las características hidrológicas y los factores socioeconómicos**

Rasgo	Característica hidrológicas	
	Agua subterránea	Agua superficial
Volumen de almacenamiento	Muy grande	Pequeño a moderado
Áreas de recursos	Relativamente ilimitadas	Limitadas a los cuerpos de agua
Velocidades de flujo	Muy bajo	Moderado a alto
Tiempo de permanencia	Generalmente décadas/siglos	Principalmente semanas/meses
Propensión a secarse	Generalmente baja	Generalmente alta
Pérdidas por evaporación	Baja y localizada	Alta para los embalses
Evaluación del recurso	Alto costo e incertidumbre significativa	Bajo costo y a menudo menos incertidumbre
Impactos de la captación	Tardíos y dispersos	Inmediatos
Calidad natural	Generalmente alta (pero no siempre)	Variable (pero normalmente requiere tratamiento)
Vulnerabilidad a la contaminación	Protección natural variable	Principalmente sin protección
Persistencia de la contaminación	A menudo extrema	Principalmente transitoria
	Factores socioeconómicos	
	Agua subterránea	Agua superficial
Percepción pública	Mítica, impredecible	Estética, predecible
Costo de desarrollo	Generalmente modesto	A menudo alto
Riesgo de desarrollo	Menos de lo que se cree con frecuencia	Más que lo a menudo se asume
Estilo de desarrollo	Mixto público y privado	Principalmente público

Fuente: Adaptado de Cap-Net et al. (2010, p. 14)

La importancia de la demanda de agua subterránea impuesta por la expansión urbana en las áreas más áridas de América Latina (norte y centro de México, noreste de Brasil, las costas de Perú y Chile y la región pre-andina de Argentina) ha generado un debate entre los expertos en sostenibilidad del uso del agua subterránea en esas zonas (Mahlknecht, 2013). La preocupación por la captación y sobreexplotación del agua subterránea de esas regiones se ve exacerbada por los patrones de uso del suelo, que no siguen la planificación regional en vigor. La situación genera múltiples amenazas de contaminación de los recursos hídricos subterráneos. La gestión adecuada del agua subterránea -incluyendo medidas de protección robustas y obligatorias- es uno de los desafíos más complejos que afronta actualmente la sociedad latinoamericana (Foster y Garduño, 2009).

Sin lugar a dudas, América Latina avanza hacia una mayor sobreexplotación y degradación de sus recursos hídricos a medida que su población aumenta y se urbaniza, y que se incrementa la demanda tanto de servicios básicos como de

servicios para la clase media. La presencia de ciertos constituyentes químicos en el agua subterránea puede aumentar por la extracción excesiva de agua subterránea que acompaña al crecimiento acelerado de población y la urbanización. A menudo, esta presión para obtener más agua significa sacar el recurso de formaciones geológicas más profundas. Así, por ejemplo, poco a poco es movilizado arsénico a través de los sistemas de abastecimiento de agua potable por el efecto de la erosión en las rocas de origen volcánico, exponiendo a 14 millones de personas en 14 de los 20 países de América Latina (Bundschuh et al., 2012). A menudo, junto con el arsénico, también se moviliza el fluoruro.

### Figura 8.1

#### Importancia estimada del uso de agua subterránea como agua potable en América Latina



Fuente: Morris et al. (2003, p. 2)

Desafortunadamente, en la actualidad existen pocos programas de protección y gestión del agua subterránea en América Latina. Con frecuencia, los que sí existen no tienen en cuenta la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación antropogénica o la necesidad de definir áreas de protección de las fuentes, un concepto que está directamente en consonancia con las técnicas de protección de la tierra en las cuencas hidrográficas. Los programas de protección y gestión del agua subterránea de América Latina no suelen incorporar la captación de agua a fin de evitar la sobreexplotación del acuífero, ni siquiera cuando el bombeo excesivo de agua subterránea reduce el caudal base de los ríos y los humedales, ocasiona la subsidencia o propicia la filtración de agua salina. Es posible evitar o mitigar la mayoría de los problemas causados por la

explotación descontrolada del agua subterránea con acciones gubernamentales más contundentes y adecuadas por parte de las agencias responsables de la evaluación y control del uso de agua subterránea (Llamas y Martínez Cortina, 2007).

Como se ha mencionado con anterioridad, uno de los temas centrales críticos que afronta la gestión del agua subterránea en toda América Latina es la existencia de un amplio número de pozos sin registrar que operan en la ilegalidad. En Brasil, por ejemplo, aunque hay leyes y regulaciones que tratan de la perforación y el uso privado de los pozos, más del 70 por ciento de ellos no están registrados y han sido creados para responder a servicios de agua deficientes o como estrategia para reducir el costo del abastecimiento de agua (Hirata, 2012). No obstante, esta situación no es única de Brasil. Perforar el suelo para obtener agua termina siendo a menudo una manera más simple y barata de suministrar agua local a una comunidad. Una de la ironías de la amplia existencia y uso de pozos no registrados es que, mientras los hidrólogos y los responsables de la toma de decisiones de la región debaten y esperan preservar y proteger los recursos hídricos subterráneos de la región desde un punto de vista estratégico, será imposible lograrlo con un mínimo grado de garantía si no se mide, monitorea o dispone de datos sólidos sobre el uso de pozos no registrados.

Merece la pena destacar que el tema clave no es la falta de leyes, puesto que estas existen en los países y las ciudades de América Latina, sino más bien la falta de voluntad política (Zektser y Everett, 2004; GWP, 2012; Banco Mundial, 2013). En primer lugar, los problemas de las aguas subterráneas normalmente se materializan de manera lenta en comparación con los problemas del agua superficial. Pero hay además una ausencia general de mecanismos de gestión del agua subterránea (como, por ejemplo, instrumentos para el monitoreo y la implementación) y de recursos locales (incapacidad institucional de monitorear y asesorar sobre el uso del agua subterránea). Hay incluso conflictos entre las autoridades que gestionan el agua y el suelo que complican una implementación satisfactoria de la gestión del agua subterránea. Como mínimo, debería existir una planificación para la gestión integrada de los recursos hídricos que incluya herramientas y recursos para el uso sostenible del agua subterránea. Esto daría a los consejos de las cuencas y acuíferos latinoamericanos más autoridad sobre este preciado recurso.

El cambio climático y el crecimiento de población urbana piden a gritos una gestión del agua subterránea sostenible y eficiente a largo plazo en toda América Latina. Tradicionalmente, esta gestión se ha basado en responder a una demanda creciente mediante un incremento del abastecimiento (el enfoque de oferta-demanda). Pero, ahora que hay incertidumbre en cuanto a los efectos del cambio climático y el crecimiento de población sobre los recursos hídricos subterráneos de América Latina, se necesitará una nueva y mejor gestión que tenga por objetivo lograr la eficiencia y la sostenibilidad (Hansen, 2012). La importancia del agua subterránea en la planificación y la política pública sobre el agua no dejará de crecer en los próximos años; y los responsables de la toma de decisiones de alto nivel deberán tenerlo en cuenta e integrarlo plenamente en toda planificación y política pública que incluya los asuntos del agua superficial (Bates et al., 2008).

## **Estudios de caso**

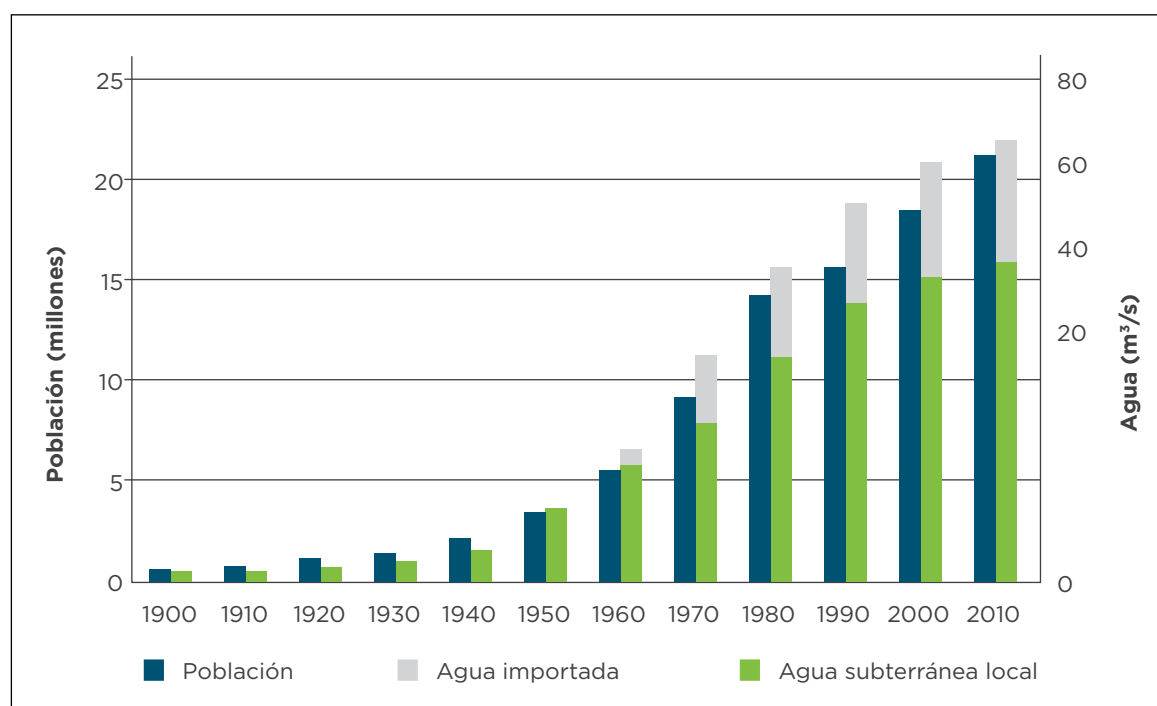
### ***Ciudad de México, México***

El área metropolitana de la Ciudad de México está situada en una cuenca endorreica (Valle de México) relativamente pequeña con precipitaciones lluviosas modestas.<sup>2</sup> El crecimiento exponencial de la ciudad en el siglo pasado ha agotado virtualmente sus

recursos hídricos subterráneos. La extracción intensiva de agua subterránea comenzó en la década de 1940 con la perforación masiva de los primeros pozos profundos; en la década de 1960, se hizo común rebasar el nivel de rendimiento seguro de agua subterránea de la cuenca. Para cubrir el déficit de agua, se han desarrollado e incorporado al sistema de agua de la Ciudad de México fuentes de agua superficiales de otras cuencas vecinas (Breña Puyol y Breña Naranjo, 2009; CONAGUA, 2009). Sin embargo, la figura 8.2 muestra que la tendencia a la sobreexplotación del acuífero no se ha invertido. Actualmente, la tasa de extracción del acuífero casi duplica la tasa de recarga.<sup>3</sup>

## Figura 8.2

### Población, captación e importación de agua a la Ciudad de México, 1900-2010



Fuentes: Adaptado de Mazari Hiriart y Mazari Menzer (2008, gráfico 1), actualizado con datos de Rosales (2014)

El uso excesivo de los recursos hídricos subterráneos en el Valle de México tiene dos causas. La primera está relacionada con los incentivos ocultos que alientan tanto a los operadores como a los consumidores de agua a desperdiciar este recurso. Según el Banco Mundial (2013), los subsidios gubernamentales cubren hasta el 50 por ciento de los servicios de agua de la Ciudad de México. Esta situación reduce la autonomía y la motivación de la empresa de agua para aumentar la eficiencia física y financiera, o incluso para medir y regular la captación de agua; además, al financiar su costo, da a los usuarios la falsa impresión de que el agua es más barata que lo que cuesta realmente. Para avanzar en la gestión del agua subterránea del Valle de México, será importante desarrollar un modelo transparente que considere plenamente los costos, no solo de los activos, el personal y las operaciones corrientes, sino también de las inversiones futuras.

La segunda causa del exceso de explotación está relacionada con el incremento significativo del número de pozos privados perforados como respuesta a la intermitencia del servicio que ofrecen las autoridades del agua. Aproximadamente



el 66 por ciento del consumo de agua actual en el Valle de México es satisfecho con acuíferos locales - a través de 1.581 pozos profundos - y el resto por sistemas superficiales (24 por ciento por el sistema de Cutzamala, 8 por ciento por el sistema de Lerma y 2 por ciento por un sistema de diques y manantiales). Las autoridades estiman que hay 3.000 pozos privados en explotación sin permiso en la Ciudad de México (CEAA, 2013).

La extracción de agua subterránea ha generado efectos adversos múltiples. Entre ellos, están los siguientes: el descenso de la capa freática; el cese del flujo de manantiales; la subsidencia del suelo y la contaminación del agua subterránea; la pérdida de freatofitos y, por último, un abastecimiento con agua de más baja calidad (Huizar Álvarez et al, 2009). Al mismo tiempo, ha disminuido la recarga a los acuíferos, principalmente debido a la expansión del área urbana y la consecuente pérdida de cobertura vegetal. Un decreto promulgado por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) en 2003, que imponía límites severos al uso de agua subterránea, no ha revertido el déficit anual de agua subterránea en el Valle de México, que alcanzó 25 m<sup>3</sup>/s en 2012 (Banco Mundial, 2013) y 27 m<sup>3</sup>/s en 2013 (Ardavín, 2013). El capítulo 7 de este libro también trata de estos temas.

La preocupación actual respecto al sistema acuífero de la Ciudad de México se centra no solo en la subsidencia continua del suelo, sino también en los pozos que sacan agua cada vez a mayor profundidad, con un rendimiento menor o que proporcionan un agua de menor calidad. En la década de 1960, los pozos para abastecimiento de agua eran perforados a profundidades que oscilaban entre los 100 y los 150 metros; ahora, las perforaciones son de 300 a 450 metros (SACMEX, 2011). La sustitución o rehabilitación de los pozos existentes corre el riesgo de explotar formaciones geológicas de acuíferos menos productivas a incluso mayor profundidad -hasta 800-900 metros (SACMEX, 2012). Dado el descenso promedio de los niveles de agua subterránea a una tasa de 1 m/año y la disminución de la calidad del agua, las autoridades responsables del sector en la Ciudad de México se están viendo obligadas a concebir e implementar sistemas de purificación del agua mejorados y avanzados.

Frente a este escenario, se han implementado varios programas recientes de saneamiento y conservación -financiados por fuentes nacionales e internacionales (incluyendo financiamiento privado). El expresidente Felipe Calderón lanzó el Programa de Sustentabilidad Hídrica de la Cuenca del Valle de México 2007-2012, de 2.800 millones de dólares. El programa estaba orientado a reducir la sobreexplotación del agua subterránea (entre otros objetivos), importando agua adicional, cambiando el uso de agua limpia para el regadío por aguas residuales y rehabilitando la infraestructura existente (Ardavín, 2013). Paralelamente a este programa, el Gobierno del Distrito Federal de la Ciudad de México lanzó el Plan Verde, un plan de 15 años cuyos objetivos incluyen la reducción del déficit de los acuíferos del Valle de México mediante la reforestación y la construcción de estructuras de recarga, como zanjas de infiltración, presas de gaviones y pozos de absorción (SACMEX, 2012).

Sin embargo, es muy poco probable que los programas mencionados, así como otros programas igualmente loables -como la reutilización de aguas residuales y la reducción de las ineficiencias en la operación del agua- e incluso la incorporación de nuevas fuentes puedan detener el agotamiento del agua subterránea que se está dando en la Ciudad de México. Es más, según las autoridades del agua, es prácticamente inevitable incorporar a medio plazo nuevas fuentes de abastecimiento con el objetivo de reducir la extracción de agua subterránea y cubrir el déficit actual (CONAGUA, 2012; Banco Mundial, 2013). Lo más que se puede esperar y lograr ahora es estabilizar el nivel freático, lo cual, combinado con otras medidas, contribuirá a que se haga un uso más sostenible del agua en la Ciudad de México a largo plazo.

Durante décadas, la demanda creciente de agua en la Ciudad de México ha puesto una enorme presión sobre las fuentes de abastecimiento de agua superficial y subterránea locales, causando tanto daños económicos como ambientales. La práctica que ya está totalmente en marcha de importar agua para responder a la demanda urbana, acompañada de la escasez de agua, ha llevado a una serie de conflictos sociales y políticos sobre la distribución y gestión de los recursos hídricos en la Ciudad de México (Cohen y Reynoso, 2005). Pero los problemas de suministro de agua de la Ciudad de México no se centran solo en encontrar nuevas fuentes (Carrera Hernández y Gaskin, 2009). El conjunto del sistema de agua es extremadamente complejo y enfrenta limitaciones muy importantes: una infraestructura antigua; costos operacionales; y falta de inversión en mantenimiento y rehabilitación. La disminución de la calidad y cantidad de agua en el Valle de México ha llevado al sistema de abastecimiento de la ciudad a una operatividad física y económica limitada (Tortajada y Castelán 2003; WWF, 2011).

La mayoría de las extracciones de agua subterránea en el Valle de México son realizadas directamente por numerosas empresas de servicios públicos que operan bajo diferentes entidades municipales y estatales, y del Distrito Federal (hoy, Ciudad de México, CDMX). La información sobre extracciones no es fiable y no hay evidencias de mediciones y seguimientos sistemáticos de datos sobre el nivel freático y los volúmenes extraídos, coordinados por CONAGUA, a pesar de los niveles críticos de sobreexplotación del agua subterránea (Banco Mundial, 2013). No hay una entidad autónoma a nivel de cuenca que tenga la capacidad no solo de consolidar la información sobre el uso del agua, el estado y la evolución de los acuíferos, los patrones de consumo, etc., sino también de diseñar e implementar programas de política pública para el uso sostenible del agua subterránea del Valle de México. Se debería establecer una empresa de servicio de agua y saneamiento fuerte e independiente que interactúe con las entidades gubernamentales y otras partes interesadas.

### **São Paulo, Brasil**

El abastecimiento de agua subterránea desempeña un papel importante en la región brasileña de la Cuenca del Alto Tietê (figura 8.3), donde viven aproximadamente 20 millones de personas en la ciudad de São Paulo y otros 35 municipios. El consumo total de agua es de 2.545 millones de m<sup>3</sup>/año (80.7 m<sup>3</sup>/s). De esta cantidad, 2.195 millones de m<sup>3</sup>/año (69,6 m<sup>3</sup>/s) proceden de reservas de agua superficial (SABESP, 2014) y 350 millones de m<sup>3</sup>/año (11,1 m<sup>3</sup>/s) de unos 10.000 pozos privados que están en funcionamiento (de un total de 13.000 pozos perforados) (Servmar, 2013). Se estima que cada año entran en servicio entre 100 y 200 pozos nuevos en la Cuenca del Alto Tietê. La Compañía de Saneamiento Básico del Estado de São Paulo (SABESP) opera un sistema de abastecimiento de agua complejo: el embalse Cantareira (1.041 millones de m<sup>3</sup>/año, 33 m<sup>3</sup>/s) cubre más del 50 por ciento de las necesidades de São Paulo, seguido por los sistemas de Guarapiranga (489 millones de m<sup>3</sup>/año, 14 m<sup>3</sup>/s), Alto Tietê (328 millones de m<sup>3</sup>/año, 15 m<sup>3</sup>/s) y Río Grande (183 millones de m<sup>3</sup>/año, 5 m<sup>3</sup>/s). Cantidades adicionales más pequeñas vienen de los sistemas del río Claro y de la Alta y Baja Cotia (SABESP, 2014).

El Estado de São Paulo tiene un sistema de gestión de los recursos hídricos descentralizado, consistente en 22 unidades de gestión de cuencas; la cuenca del Alto Tietê es una de ellas. Cada unidad está dirigida por un comité de cuenca, que cuenta con la participación de instituciones del Gobierno del estado, de los municipios y de la sociedad civil. En el caso de la cuenca del Alto Tietê, el comité de cuenca planea y gestiona el agua superficial y subterránea de la cuenca del Alto Tietê y la agencia de la cuenca implementa sus políticas públicas (FUSP, 2009). Pese a la creación del

sistema de comités de cuenca en 1991, su implementación en la práctica es todavía escasa. La gestión efectiva de los recursos hídricos está todavía centralizada en las instituciones gubernamentales del estado. Dentro del Gobierno estatal, el Secretario para Abastecimiento de Agua, Saneamiento y Energía está a cargo de la política de suministro de agua y saneamiento y el Secretario de Medio Ambiente es responsable de la política ambiental, incluidos los aspectos ambientales de la gestión de los recursos hídricos (Hirata et al., 2014).

**Figura 8.3**  
**Localización de la Cuenca del Alto Tietê, en el estado de São Paulo, sus municipios y unidades de subcuenca**



Fuente: Adaptado de UBC (2010)

Aunque los recursos hídricos subterráneos representan solo 14 por ciento del agua total producida en la cuenca del Alto Tietê, esta proporción mantiene el equilibrio entre oferta y demanda. La pérdida de los recursos en agua subterránea de la cuenca del Alto Tietê, ya sea por contaminación o por sobrexplotación, ejercería un estrés significativo sobre el sistema de suministro de agua de esta cuenca. SABESP no puede producir agua adicional sin una enorme inversión en un sistema que transporta agua de una cuenca distante (el sistema de San Lorenzo) y que necesitará años para entrar en operación. Este nuevo abastecimiento captará 4,3 m<sup>3</sup>/s de agua de la presa Cachoeira do France (Vargem Grande do Sul), que se encuentra a 83 km de la ciudad de São Paulo (SABESP, 2014).

Desde la perspectiva del estatus legal, la cuenca del Alto Tietê presenta una situación problemática en lo que respecta a los pozos existentes. Se estima que más del 60 por ciento de los pozos son ilegales (sin controles de extracción) (Servmar, 2013) y muchos de ellos existen debido al incumplimiento de las regulaciones existentes sobre uso de agua subterránea. También es importante enfatizar que tanto los pozos no regulados privados como los propios acuíferos corren el riesgo de contaminación. La construcción de muchos pozos es deficiente, lo que causa problemas de calidad.

Más del 50 por ciento de los casos de contaminación de agua subterránea conocidos dentro del estado de São Paulo están dentro de la cuenca del Alto Tietê –como consecuencia de la fuerte industrialización de la región de São Paulo y el desarrollo rápido de asentamientos urbanos densos y sin planificación.

Las lluvias en las áreas agrícolas y no urbanas de la cuenca del Alto Tietê (43 por ciento de la cuenca hidrográfica; 150-300 mm/año) recargan sus acuíferos. En la extensa área urbana de São Paulo, la recarga natural se ve reducida por la impermeabilidad del suelo y los edificios. Sin embargo, la recarga total llega hasta 350 mm/año debido a las fugas de la red de agua y alcantarillado. En aquellas áreas urbanas sin sistemas de conducción y tratamiento de aguas residuales, la suma de recarga natural y antropogénica puede alcanzar los 450 mm/año (FABHAT-Servmar, 2013). El agua subterránea fluye de manera natural hacia los cuerpos de agua superficiales y la cuenca del Alto Tietê; el río Tietê es el principal punto de afluencia. Sin embargo, la extracción intensa de agua subterránea ha generado algunos descensos de la carga hidráulica que han cambiado el flujo natural del agua.

Hasta la década de 1970-1980, el agua subterránea del Alto Tietê era explotada predominantemente a partir del sistema acuífero sedimentario superior que subyace la región. La expansión económica aumentó el consumo y, en consecuencia, redujo el sistema acuífero sedimentario superior, de manera que comenzó la captación del sistema acuífero cristalino más profundo. La industria sigue siendo el mayor consumidor de agua subterránea de la cuenca del Alto Tietê, aunque actualmente la mayoría de los pozos son perforados para propiedades residenciales y condominios para evitar el costo de conexión y el pago por el mantenimiento del sistema de abastecimiento de agua público (Hirata et al., 2014).

La vulnerabilidad potencial del sistema acuífero subterráneo de São Paulo es evidenciada en las siguientes estadísticas. Hay 2.320 sitios contaminados en las áreas urbanas de la cuenca del Alto Tietê (CETESB, 2012). Las gasolineras son responsables del 73 por ciento de los casos, mientras que el 27 por ciento está relacionado con áreas industriales, de las cuales, un 12 por ciento están contaminadas por disolventes clorados. Los lugares contaminados están situados en las subcuencas de Penha-Pinheiros (58 por ciento) y Billings-Tamanduateí (23 por ciento) (FABHAT, 2014). Aproximadamente el 37 por ciento de los lugares contaminados están en áreas de alta vulnerabilidad acuífera, conforme a su clasificación por el índice de polución GOD<sup>4</sup> (Foster e Hirata, 1988), 41 por ciento se encuentran en áreas de vulnerabilidad media y 22 por ciento en áreas de vulnerabilidad entre media y baja (FABHAT-Servmar, 2013). El inventario de cargas contaminantes potenciales de la Agencia del Ambiente de São Paulo (SIPOL) presenta 82.682 actividades con el potencial de descargar sustancias contaminantes en los acuíferos (incluidos las que usan disolventes clorados y metales pesados). Según el método POSH<sup>4</sup> (Foster e Hirata, 1988), 53.456 actividades fueron clasificadas como de alto potencial contaminante para el agua subterránea, 11.228 tenían potencial moderado y 9.560 bajo potencial.

Estas estadísticas muestran el riesgo que existe de perder los acuíferos subterráneos de São Paulo por la contaminación. Actualmente, el agua subterránea es un recurso complementario de todo el sistema de abastecimiento de agua. Cualquier problema que pueda restringir su uso causará un incremento de la demanda de agua del sistema público. Dado que muchos sistemas de distribución de agua de São Paulo no están integrados, el agua de la cuenca del Alto Tietê no puede ser trasvasada fácilmente de un sistema a otro. También existen riesgos de escasez de agua superficial en el Alto Tietê, lo que pone en duda la presunta capacidad de la cuenca de incrementar la producción de agua superficial para compensar la pérdida de recursos hídricos subterráneos. Se prevén importantes riesgos de escasez en los sistemas de producción de Cantareira, Guarapiranga, Bajo Rio Grande y Cotia, que proporcionan agua al 78 por ciento de la población de la cuenca del Alto Tietê (Hirata et al., 2014).

El Gobierno del estado de São Paulo ha implementado una política pública dirigida a identificar las áreas con mayor riesgo de sobreexplotación y contaminación de los acuíferos debido a las actividades antropogénicas (usando el método POSH). En función de la distribución de los pozos de producción y de las cargas contaminantes, se han emprendido estudios regionales para determinar las áreas que deberían ser analizadas con mayor detalle. Si es necesario, estas áreas estarán sometidas a restricciones de uso del agua subterránea.

Aunque existen normativas para controlar la perforación y explotación del agua subterránea en la cuenca del Alto Tietê, también hay problemas serios para el cumplimiento de dicha normativa. Las agencias gubernamentales del estado echan la culpa a la falta de personal técnico e infraestructura administrativa. Sin embargo, el problema es mucho más complejo y está relacionado con múltiples factores. Primero, no hay mucha conciencia social ni gubernamental sobre el verdadero valor (y costo) del agua subterránea. Segundo, la normativa sobre agua subterránea es deficiente porque solo penaliza a los consumidores ilegales (miles) y no a las compañías que perforan los pozos ilegales (un número mucho menor a los que hacen cumplir las leyes). Tercero, los consumidores de agua subterránea no ven beneficios a la legalización de sus pozos debido a las barreras burocráticas y las tarifas que deben pagar para hacerlo. Finalmente, los problemas del agua subterránea (sobreexplotación y contaminación) no son visibles o son difíciles de detectar; en consecuencia, los usuarios afectados por esos problemas no los reconocen ni presionan al Estado para que adopte medidas de control (Hirata et al., 2014).

Es imperativo, por tanto, diseñar e implementar un programa eficaz que lleve a la regulación de los pozos ilegales. Un tema clave a tener en cuenta en su diseño es la limitación de los permisos para perforar y explotar pozos, y su cumplimiento. También es necesario monitorear el uso de agua subterránea para actualizar la información de los usuarios registrados y, más importante todavía, identificar a los usuarios ilegales. Para que esto se haga realidad, es necesario un esfuerzo coordinado, cooperativo e integrado de las agencias de agua de la cuenca del Alto Tietê.

Estas iniciativas jerárquicamente descendentes deberían ser complementadas con iniciativas ascendentes, incluyendo incentivos y castigos –sanciones que van de la mano con programas de comunicación y educativos. Los mecanismos para la participación de las partes interesadas en la cuestión del agua subterránea están, por lo general, menos establecidos en las áreas urbanas, como São Paulo, que en las áreas rurales. Pero la representación y el compromiso de los grupos de interesados más importantes es un componente esencial de cualquier plan de acción para la protección y la gestión de los recursos hídricos subterráneos de la cuenca del Alto Tietê; por tanto, es necesario alcanzar un consenso social.

### ***Comparación de los estudios de caso***

Los estudios de caso presentan dos megaciudades latinoamericanas con sus propias particularidades biofísicas y complejidades en el abastecimiento de agua. La Ciudad de México, situada en el endorreico Valle de México, un altiplano con un clima subtropical de altitud, está construida principalmente sobre lagos desecados y con un subsuelo de rocas sedimentarias y volcánicas. Durante mucho tiempo, el agua subterránea local fue prácticamente la única fuente de abastecimiento de agua para la Ciudad de México, hasta que se añadieron fuentes de agua importada en la década de 1950. Actualmente, el agua subterránea local e importada representa hasta el 75 por ciento del suministro público de agua de la ciudad y es proporcionada por un gran número de empresas. La ciudad de São Paulo, por el contrario, tiene un clima subtropical húmedo y está situada sobre sistemas acuíferos sedimentarios y cristalinos. Esta ciudad obtiene solo 14 por ciento de su suministro de agua de

fuentes subterráneas locales, aunque este porcentaje permite a São Paulo mantener el equilibrio entre la demanda actual y las necesidades de nueva producción de agua.

Estos casos no solo muestran cómo las dos ciudades más pobladas de América Latina dependen del agua subterránea de diferentes maneras y en diferente grado, sino que también muestran el desarrollo del agua subterránea en fases diferentes y con desafíos distintos y similares al mismo tiempo. São Paulo continúa añadiendo cientos de pozos cada año, aunque parte de sus acuíferos están ahora sobreexplotados y contaminados. La Ciudad de México ha conseguido mantener la capacidad de los pozos en la última década, incluso si todos sus acuíferos están ahora sobreexplotados. Para responder a su demanda de suministro de agua actual, la Ciudad de México importa cantidades importantes de agua de las cuencas vecinas. A menos que se gestione de manera cuidadosa y sostenible el abastecimiento de agua superficial y subterránea, São Paulo necesitará hacer grandes inversiones para importar agua de las cuencas adyacentes. Tanto en Ciudad de México como en São Paulo, los mayores problemas detrás de la gestión del agua subterránea son los pozos ilegales o no regulados que explotan el recurso. La proporción de pozos ilegales o no regulados oscila entre el 60 por ciento (São Paulo) y el 65 por ciento (Ciudad de México) si se compara con el número total de pozos dentro de sus sistemas respectivos. Con frecuencia, estos pozos no son construidos usando estándares rigurosos o al menos aceptables, lo que causa extracciones adicionales importantes y problemas de calidad del agua; no se guardan registros de estas dos situaciones. Las preocupaciones actuales sobre el sistema de acuíferos de la Ciudad de México se centran en la subsidencia continua del suelo y la creciente profundidad de extracción con una menor productividad, mientras que el interés de São Paulo se focaliza más en los problemas del agua subterránea. La conciencia general sobre el agua subterránea en esta última ciudad es mucho más baja que en la Ciudad de México.

La coordinación e integración de la gestión del agua es un tema tanto en la Ciudad de México como en São Paulo. En el Valle de México, un amplio número de empresas capta y gestiona el agua subterránea para su consumo público sin una coordinación entre las mismas. La autoridad nacional del agua en México, la CONAGUA, es responsable de definir e implementar toda la gestión de los recursos hídricos. El consejo de cuenca del Valle de México, representado por instituciones gubernamentales y la sociedad civil, tiene solo competencias limitadas en comparación con la CONAGUA y otras agencias gubernamentales.

En la cuenca del Alto Tietê, la captación de agua subterránea para São Paulo es realizada por la empresa de agua SABESP. Pero la gestión de los recursos hídricos es planeada y manejada por un comité de cuenca compuesto por instituciones gubernamentales y la sociedad civil, y los planes y políticas de este comité son implementados por la agencia de agua de la cuenca. La gestión de los recursos hídricos y la planificación regional no están armonizadas. Esto indica una falta de consenso entre las autoridades federales, estatales y locales, así como con la sociedad. Estas situaciones socavan el desarrollo sostenible de las dos ciudades, especialmente en lo que respecta a la gestión de sus recursos hídricos subterráneos. Se estima que el sistema de abastecimiento de agua de la Ciudad de México necesita un rediseño institucional importante para superar esta crisis del agua, mientras que la prioridad de São Paulo debe ser un programa para registrar todos los pozos ilegales.

## Conclusiones

Históricamente, el agua subterránea ha sido un factor clave y un recurso crítico subyacente al desarrollo social y económico de muchas ciudades, especialmente cuando se usa junto con recursos hídricos superficiales. En muchos casos, y sin duda en el caso de la Ciudad de México y de São Paulo, el crecimiento de las megaciudades es inimaginable sin considerar el agua subterránea como un recurso accesible, flexible y aparentemente inagotable. El agua subterránea es mucho más importante desde una perspectiva de suministro de agua de lo que generalmente se piensa –es uno de esos ‘lazos invisibles’ entre las distintas facetas de la infraestructura urbana. Desafortunadamente, las agencias gubernamentales responsables del abastecimiento de agua urbana y de la gestión de los recursos naturales a todos los niveles tienen a menudo una escasa comprensión del agua subterránea y no recopilan datos comprensivos sobre este recurso en comparación con el agua superficial. Se debe corregir la falta de conocimiento del agua subterránea y su mediocre monitoreo y gestión.

Hay una preocupación creciente respecto a los impactos antropogénicos sobre los recursos hídricos subterráneos en las áreas urbanas de América Latina. La fuente más común de contaminación subterránea son las fugas de instalaciones de saneamiento *in situ*, como las fosas sépticas y las letrinas. Es más, los planes de uso del suelo que suelen estar parcialmente dirigidos a proteger los recursos hídricos subterráneos no se cumplen, lo que genera múltiples riesgos de contaminación para estos recursos. El motor más importante del deterioro del agua subterránea en la región es la proliferación no controlada de pozos privados poco profundos. A menudo, el número de pozos no registrados en una ciudad es mayor que el número de pozos registrados. En términos de cantidad de agua, la extracción no controlada de agua subterránea por el rápido crecimiento urbano ha reducido continuamente el nivel freático de muchas ciudades, afectando negativamente a los costos de extracción, los ecosistemas locales, la firmeza de los suelos e incluso la calidad del agua.

Normalmente, las empresas de agua municipales de América Latina han enfocado la cuestión del agua subterránea del lado de la demanda –la construcción de pozos y su operación– y no han mostrado mucho interés en comprender y gestionar el agua subterránea como un recurso básico. Este es, sin duda, el caso de la Ciudad de México y São Paulo. Actualmente, hay en marcha pocos programas de protección y gestión del agua subterránea en América Latina, y los pocos que existen no suelen tener en cuenta la vulnerabilidad del acuífero a la polución antropogénica o no realizan actividades como la definición de perímetros de protección de la fuente. Tanto el cambio climático como el crecimiento de población afectarán a los recursos hídricos subterráneos de la región, por lo que es crucial que los tomadores de decisiones consideren seriamente el papel del agua subterránea y lo integren en el conjunto de políticas públicas y en su planificación en materia de agua.

Los casos de la Ciudad de México y São Paulo ofrecen lecciones útiles para la política pública de agua. La crisis del agua de la Ciudad de México comenzó a principios de la década de 1960, cuando los recursos hídricos subterráneos locales fueron sobreexplotados. El uso excesivo es, y siempre ha sido, fomentado por incentivos perversos al desperdicio por parte de los consumidores y las empresas de agua. Es difícil cuantificar los daños que el descenso del nivel freático causa a los ecosistemas y a la infraestructura, pero se cree que son severos; a esos daños se suman, por supuesto, los conflictos sociales y políticos.

El sistema de abastecimiento de agua de São Paulo no es menos complejo. Aunque la proporción de agua subterránea en el consumo total de agua es mucho menor

que en la Ciudad de México, es un importante recurso estratégico para preservar el equilibrio entre la demanda de la ciudad y la producción del suministro público. Al igual que en la Ciudad de México, el número de pozos privados no registrados supera el de pozos públicos, mientras que los pozos privados ofrecen una alternativa más barata y más segura al abastecimiento público de agua. Esto indica políticas públicas dispares, la dificultad de hacer respetar la normativa y la incapacidad institucional. Al igual que en la Ciudad de México, hay una falta de conciencia general sobre el papel que desempeña el agua subterránea en el ciclo de agua urbano. Es imperativo que São Paulo diseñe un programa para registrar los pozos ilegales. Este programa debería basarse en mejorar la capacidad de control de las autoridades y la implicación de los tomadores de decisiones y las partes interesadas.

Es esencial integrar el monitoreo y la planificación para el uso del agua subterránea, e incluir una amplia participación de las partes interesadas si se quiere ayudar a resolver el amplio abanico de problemas que enfrentan los recursos hídricos subterráneos, incluidos la urbanización rápida y el cambio climático. Más que nunca, es necesario integrar toda la red pública, incluyendo a los autoproveedores de recursos hídricos. Se necesita una nueva generación de herramientas y enfoques de gestión para los recursos hídricos subterráneos de América Latina. Pero, antes de que pueda comenzar cualquier trabajo de 'nueva generación' sobre los recursos hídricos subterráneos en la región, se debe llegar a un consenso entre las autoridades implicadas -no solo para la gestión del agua y el saneamiento, sino también para la gestión del uso del suelo- y la sociedad, de manera que se creen las condiciones institucionales y los incentivos para un uso sostenible del agua subterránea. La Ciudad de México y São Paulo son dos buenos lugares donde comenzar.



## Notas

- <sup>1</sup> Los freatofitos son plantas de raíces largas que absorben el agua de la capa freática o del suelo situado bajo las mismas.
- <sup>2</sup> Para una descripción general del contexto geográfico e histórico, véase el capítulo 7 de este libro.
- <sup>3</sup> Para más información sobre el equilibrio del agua, el abastecimiento de agua y el sistema de drenaje, véase el capítulo 7.
- <sup>4</sup> El GOD y POSH son métodos de evaluación de la vulnerabilidad del agua subterránea. Esta vulnerabilidad es una medida de la facilidad o dificultad de que la contaminación de la superficie llegue al nivel freático. Estos métodos reúnen información sobre factores importantes que afectan a la vulnerabilidad (p. ej., el confinamiento del agua subterránea, los estratos ubicados por encima del acuífero, la profundidad al agua subterránea) para desarrollar un índice. El resultado –un mapa de la distribución de las clases de vulnerabilidad– sirve para identificar y proteger los recursos hídricos subterráneos.

## Referencias

- Ardavín J. R. (2013). “Programa de sustentabilidad hídrica en el Valle de México. El futuro hídrico en la cuenca de México”, en Comisión Nacional del Agua (eds.), *El agua y el Valle de México*, Comisión Nacional del Agua, México.
- Banco Mundial (2013). “Agua urbana en el Valle de México: ¿un camino verde para mañana?”, consultado el 28 de abril de 2014 [http://www.agua.unam.mx/sacmex/assets/docs/AguaUrbana\\_ValleMexico.pdf](http://www.agua.unam.mx/sacmex/assets/docs/AguaUrbana_ValleMexico.pdf)
- Bates, B. C., Kundzewicz, Z. W., Wu, S. y Palutikof, J. P. (2008). *Climate change and water*, documento técnico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Secretaría del IPCC, Ginebra.
- Breña Puyol, A. y Breña Naranjo, J. (2009). “Problemática del recurso agua en grandes ciudades: zona metropolitana del Valle de México”, *Contacto S*, vol. 74, pp. 10-18.
- Bundschuh, J., Litter, M. I., Parvez, F., Román Ross, G., Nicolli, H. B., Jean, J. S., Liu, C. W., López, D., Armienta, M. A., Gómez-Cuevas, A., Cornejo, L., Cumbal, L., Guilherme, L. R. G. y Toujaguez, R. (2012). “One century of arsenic exposure in Latin America: A review of history and occurrence from 14 countries”, *Science of the Total Environment*, vol. 429, pp. 2-3.
- Cap-Net, African Groundwater Network (AGW-Net) y Ground Water Management Advisory Team (GW-MATE) (2010). “Groundwater management in IWRM. A training manual developed by the collaborative efforts of Cap-Net, AGW-Net and GW-MATE”, consultado el 21 de mayo de 2014. [www.gwp.org/Global/ToolBox/References/Groundwater%20Management%20in%20IWRM.%20Training%20Manual%20\(CAP-Net,AGWNet,GW-Mate,%202010\).pdf](http://www.gwp.org/Global/ToolBox/References/Groundwater%20Management%20in%20IWRM.%20Training%20Manual%20(CAP-Net,AGWNet,GW-Mate,%202010).pdf)
- Carrera Hernández, J. J. y Gaskin S. J. (2009). “Water management in the basin of México: current state and alternative scenarios”, *Hydrogeology Journal*, vol. 17, pp.1483-1494.
- CEAA (Comisión Estatal de Agua y Alcantarillado) (2013). “Acuífero Cuautitlán”, consultado el 8 de mayo de 2014, <http://cuencavalledemexico.com/wp->

content/uploads/2013/02/GEO-83-Modelaci%C3%B3n-subterr%C3%A1nea-C-Pachuca-2.pdf

- CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) (2012). “Contaminated areas in the state of São Paulo in 2012 (last inventory)”, consultado el 22 de febrero de 2014, [www.cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/rela%C3%A7%C3%B5es-de-C3%A1reascontaminadas/4Rela%C3%A7%C3%B5es-de-%C3%81reas-Contaminadas](http://www.cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/rela%C3%A7%C3%B5es-de-C3%A1reascontaminadas/4Rela%C3%A7%C3%B5es-de-%C3%81reas-Contaminadas)
- Cohen Perló, M. y González Reynoso, A. E. (2005). *¿Guerra por el agua en el Valle de México? Estudio sobre las relaciones hidráulicas entre el Distrito Federal y el Estado de México*, Coordinación de Humanidades, PUEC, UNAM y Fundación Friedrich Ebert, consultado el 31 de mayo de 2014, [www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n62/n62a11.pdf](http://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n62/n62a11.pdf)
- CONAGUA (2009). “Estadísticas del agua de la Región Hidrológica-Administrativa XIII, Aguas del Valle de México”, consultado el 31 de mayo de 2014, [www.conagua.gob.mx/conagua07/noticias/ocavm-1-eaocavm2009.pdf](http://www.conagua.gob.mx/conagua07/noticias/ocavm-1-eaocavm2009.pdf)
- CONAGUA (2010) “Sistema Cutzamala”, *Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México*, Ciudad de México.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2012). “Acciones de infraestructura de drenaje y abastecimiento de agua en el Valle de México 2007–2012”, Coordinación General de Proyectos Especiales de Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento del Valle de México, consultado el 18 de mayo de 2014, [www.conagua.gob.mx/conagua07/Noticias/InformeDifusionIngenieriaPSHCVM.pdf](http://www.conagua.gob.mx/conagua07/Noticias/InformeDifusionIngenieriaPSHCVM.pdf)
- Dillon, P., Pavelic, P., Page, D., Beringen, H. y Ward, J. (2009). *Managed aquifer recharge: An introduction*, Waterlines Report Series n.º 13, National Water Commission Australian Government, Australia.
- Döll, P. (2009). “Vulnerability to the impact of climate change on renewable groundwater resources: a global-scale assessment”, *Environmental Research Letters*, vol. 4, n.º 3, pp. 5.
- FABHAT (Servmar Fundação Agência da Bacia Hidrográfica do Alto Tieté) (2013). *Mapeamento de áreas com potenciais riscos de contaminação das águas subterrâneas da UGRHI-06 e suas regiões de recarga*, Servmar Ambiental. Informe final, vol. 2.
- FABHAT (Fundação Agência da Bacia Hidrográfica do Alto Tieté) (2014). “Plano da bacia do Alto Tieté Relatório final”, consultado el 31 de mayo de 2014 <http://www.fabhat.org.br/site/images/docs/24.%20p%E1g.%20299%20a%20300.pdf>
- Foster, S. y Garduño, H. (2002). “Mitigation of groundwater drainage problems in the Buenos Aires conurbation: technical and institutional way forward. Sustainable groundwater management, lesson from practice, case profile collection”, consultado el 31 de mayo de 2014, <http://documents.worldbank.org/curated/en/2002/07/7441025/argentina-mitigationgroundwater-drainage-problems-buenos-aires-conurbation-technical-institutionalway-forward>
- Foster, S. y Garduño, H. (2009). “Gestión apropiada. El recurso hídrico subterráneo en América Latina. Lecciones de experiencias internacionales”, *Aqua-LAC*, vol. 1, n.º 1, p. 5.
- Foster, S. e Hirata, R. (1988). *Groundwater pollution risk assessment: A methodology using available data*, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias

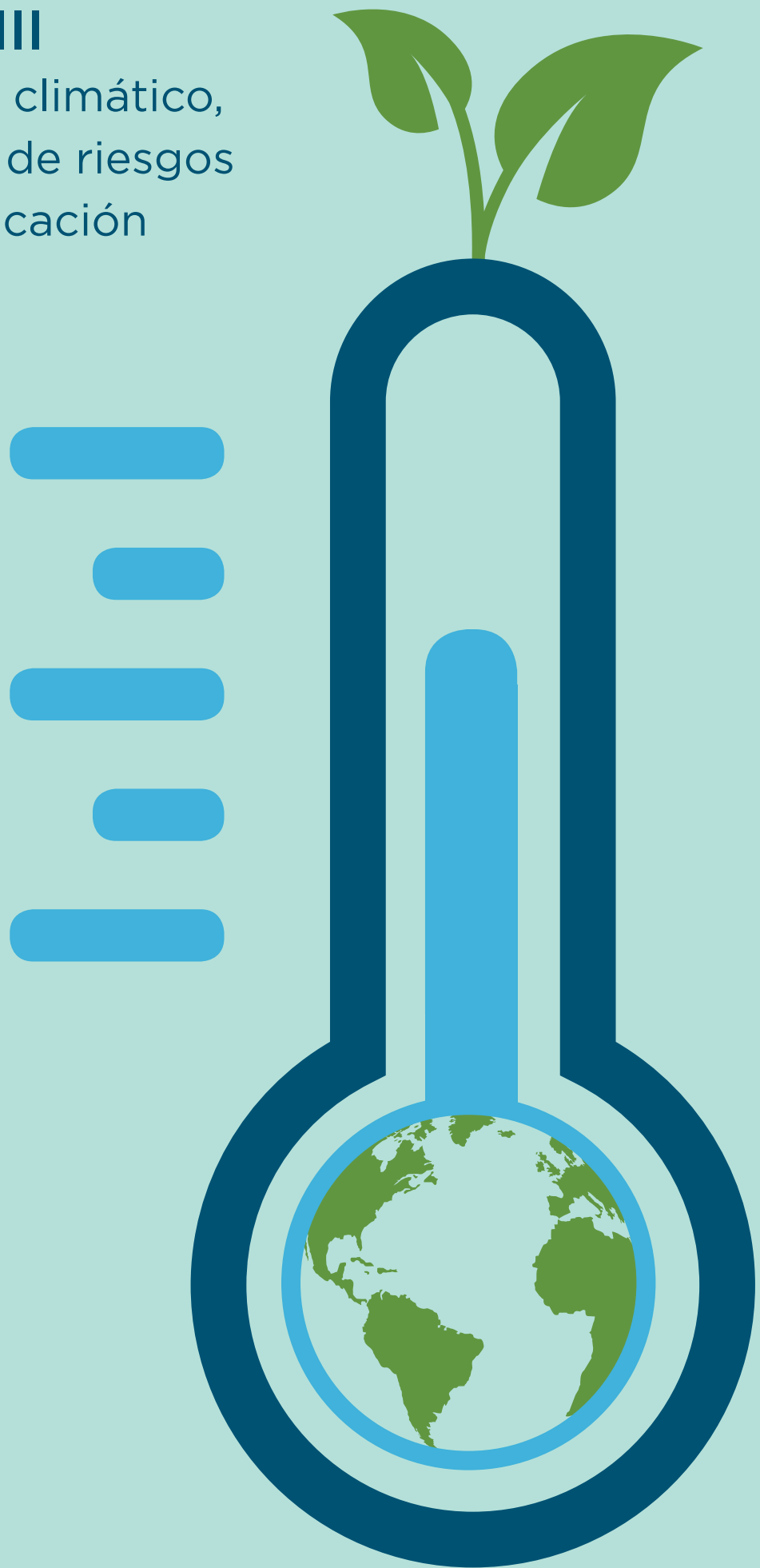
- del Ambiente (CEPIS/PAHO/WHO), Lima, Perú.
- FUSP (Fundação da Universidade de São Paulo) (2009). *Plano da bacia hidrográfica do Alto Tietê*, Informe final, Fundação da Universidade de São Paulo, Brasil, vol. 4.
- Gleeson, T., Wada, Y., Bierkens, M. F. y van Beek, L. P. (2012). "Water balance of global aquifers revealed by groundwater footprint", *Nature*, vol. 488, n.º 7410, pp. 197-200.
- Grönwall, J. T., Mulenga, M. y McGranahan, G. (2010). *Groundwater and poor urban dwellers – a review with case studies of Bangalore and Lusaka*, International Institute for Environment and Development, Londres.
- GWP (Global Water Partnership) (2012). "Situación de los recursos hídricos en Centroamérica: hacia una gestión integrada", consultado el 26 de mayo de 2014, [www.gwp.org/Global/GWP-CAM\\_Files/SituaciondelosRecursosHidricos.pdf](http://www.gwp.org/Global/GWP-CAM_Files/SituaciondelosRecursosHidricos.pdf)
- Hansen, J. K. (2012). "The economics of optimal urban groundwater management in southwestern USA", *Hydrogeology Journal*, vol. 20, pp. 865-877.
- Hardin, G. (1968). "The tragedy of the commons", *Science*, vol. 162, n.º 3859, pp.1243-1248.
- Hirata, R. (2012). "PP Legal – Projeto Poço Legal – ornando a gestão dos recursos hídricos subterrâneos mais participativos", consultado el 18 de mayo de 2014, [www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/ARQS/NOTICIA/CRH/CTAS/648/pplegal%20ctas%20esp%20310112%20f.pdf](http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/ARQS/NOTICIA/CRH/CTAS/648/pplegal%20ctas%20esp%20310112%20f.pdf)
- Hirata, R. y Conicelli, B. (2012). "Groundwater resources in Brazil: A review of possible impacts caused by climate change", *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, vol. 84, n.º 2, pp. 297-312.
- Hirata, R., Foster, S. y Oliveira, F. (2014). "Águas subterrâneas urbanas no Brasil: uma avaliação crítica para o desenvolvimento de políticas sustentáveis de gestão", IGc-USP Editora (en impresión).
- Hirata, R., Stimson J. y Varnier C. (2006). "Urban hydrogeology in developing countries: A foreseeable crisis", International Symposium on Groundwater Sustainability (ISGWAS), Instituto Geológico y Minero de España, Alicante, España.
- Howard, K. W. F. y Gelo, K. K. (2003). "Intensive use in urban areas: the case of megacities", en M. Ramón Llamas y E. Custodio (eds.), *Intensive use of groundwater. Challenges and opportunities*, CRC Press, Boca Raton, FL.
- Huizar Álvarez, R., Hernández García, G. y Carrillo Rivera, J. (2009). "Simulation of groundwater flow and the hydrological balance of the Tecocomulco Lagoon, Central México", *Open Environmental Sciences*, vol. 3, pp. 1-13.
- Kuroda, K. y Fukushi, T. (2008). "Groundwater contamination in urban areas", en S. Takizawa (ed.) *Groundwater management in Asian Cities*, Springer, Tokio.
- Llamas, M. R. y Custodio, E. (2003). *Intensive use of groundwater: Challenges and opportunities*, Balkema, Países Bajos.
- Llamas, M. R. y Martínez Santos P. (2005). "Intensive groundwater use: silent evolution and potential source of social conflicts", *Journal of Water Resources Planning and Management*, vol. 131, pp. 337-341.

- Llamas, R. y Martínez Cortina, L. (2007). "Specific aspects of groundwater use in water ethics", en R. Llamas, L. Martínez Cortina y A. Mukherji (eds.), *Water ethics*, CRC Press Taylor & Francis Group, Abingdon, Reino Unido.
- Loaiciga, H. A. (2009). "Long-term climatic change and sustainable ground water resources management", *Environmental Research Letter*, vol. 4, n.º 3, pp. 11.
- Mahlknecht, J. (2013). "Los recursos hídricos y la gestión del agua en América Latina y el Caribe: un panorama", en J. Mahlkecht y E. Pastén (eds.), *Diagnóstico de los recursos hídricos en América Latina*, Pearson Education, Ciudad de México.
- Margat, J. (2008). *Exploitations et utilisations des eaux souterraines dans le monde*, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura y Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Paris.
- Mazari Hiriart, M. y Mazari Menzer M. (2008). "Efectos ambientales relacionados con la extracción de agua en la megaciudad de México", *Agua Latinoamérica*, vol. 8, n.º 2.
- Morris, B. L., Lawrence, A. R., Chilton, P. J., Adams, B., Calow, R. y Klinck, B. A. (2003). *Groundwater and its susceptibility to degradation: A global assessment of the problems and options for management*. Serie de informes de Evaluación y Alerta Temprana, RS, 03-3, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Nairobi, Kenia.
- NWC (National Water Commission) (2012). "Groundwater essentials", consultado el 18 de mayo de 2014 [http://www.nwc.gov.au/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0020/21827/Groundwater\\_essentials.pdf](http://www.nwc.gov.au/__data/assets/pdf_file/0020/21827/Groundwater_essentials.pdf)
- Rosales, A. (2014). "State investment in municipal water systems: the case of Mexico City", *Putting public in public services: Research, action and equity in the Global South International Conference*, 13-16 de abril de 2014, Ciudad del Cabo, Suráfrica.
- SABESP (Saneamento Basico do Estado de São Paulo) (2014). "Mananciais da bacia do Alto Tieté", consultado el 22 de febrero de 2014, <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=36>
- SACMEX (Sistema de Aguas de la Ciudad de México) (2011). "Estudio de las capas profundas de la cuenca del Valle de México para la búsqueda de un acuífero profundo como una alternativa de abastecimiento de la Ciudad de México", Simposio "Las ciencias de la tierra en el estudio del agua subterránea", Ciudad de México.
- SACMEX (2012). *El gran reto del agua en la Ciudad de México. Pasado, presente y perspectivas de solución para una de las ciudades más complejas del mundo*, Sistemas de Agua de la Ciudad de México, Ciudad de México.
- Sahuquillo, H. A., Custodio, G. E. y Llamas, M. R. (2012). "La gestión de las aguas subterráneas", en Fundación Nueva Cultura del Agua (ed.), *Panel científico-técnico de seguimiento de la política de aguas*, Universidad de Sevilla-Ministerio de Medio Ambiente, España.
- Servmar (Servmar Ambiental e Engenharia) (2013). *Mapeamento de áreas com potenciais riscos de contaminação das águas subterráneas da UGRHI 6*, Fundação da Agência da Bacia do Alto Tieté (FABHAT), São Paulo, Brasil.
- Tortajada, C. y Castelán, E. (2003). "Water management for megacity: Mexico City", *Ambio*, vol. 32, n.º 2, pp. 124-129.

- UBC (University of British Columbia) (2010). "São Paulo metropolitan region the Upper Tieté. Watershed Management Committee", consultado el 26 de mayo de 2014, [www.chs.ubc.ca/consortia/outputs3/CaseStudyS.o\\_Paulo\\_Metropolitan\\_Region-Upper\\_Tiete.pdf](http://www.chs.ubc.ca/consortia/outputs3/CaseStudyS.o_Paulo_Metropolitan_Region-Upper_Tiete.pdf)
- UNESCO-UN/WWAP (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura-Naciones Unidas/Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos) (2009). *The United Nations World Water Development Report 3: Water in a changing world. World Water Assessment Programme*, Unesco, Paris, y Earthscan, Londres.
- UNEP (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) (2002). "State of the environment and policy retrospective", consultado el 18 de mayo de 2014, [www.grida.no/geo/geo3/english/pdfs/chapter2-5\\_freshwater.pdf](http://www.grida.no/geo/geo3/english/pdfs/chapter2-5_freshwater.pdf)
- Van der Gun, J. (2012). *Groundwater and global change: Trends, opportunities and challenges*, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, Paris.
- Vörösmarty, C. J., Green, P. J., Salisbury, J. y Lammers, R. B. (2000). "Global water resources: vulnerability from climate change and population growth", *Science*, vol. 289, n.º 5477, pp. 284-288.
- Vrba, J. y Verhagen, B. T. (2011). *Groundwater emergency situations. A methodological guide*, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, Paris.
- WWF (Fondo Mundial para la Naturaleza) (2011). "Big cities. Big water. Big challenges: Water in an urbanising world", consultado el 25 de mayo de 2014, [www.wwf.se/source.php/1390895/Big%20Cities\\_Big%20Water\\_Big%20Challenges\\_2011.pdf](http://www.wwf.se/source.php/1390895/Big%20Cities_Big%20Water_Big%20Challenges_2011.pdf)
- Zektser, I. S. y Everett, L. G. (2004). *Groundwater resources of the world and their use*, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, Paris.

# Parte III

Cambio climático,  
gestión de riesgos  
y planificación



# 9 Inundaciones repentinas en el área metropolitana de Monterrey

## Lecciones del huracán Alex<sup>1</sup>

*Nicholas P. Sisto y Aldo I. Ramírez Orozco*

### Introducción

El área metropolitana de Monterrey (AMM) es, con aproximadamente 4 millones de habitantes, el tercer núcleo urbano más poblado de México. Esta área constituye un centro industrial y económico de gran importancia nacional, especialmente para el sector manufacturero, y es también un importante polo de atracción de la inversión extranjera directa. El AMM abarca la capital del Estado de Nuevo León y alberga a la mayoría de las instituciones gubernamentales del estado, así como varias oficinas regionales del Gobierno federal. Sus instalaciones educativas, médicas y culturales tienen influencia en toda la parte noreste del país e incluso más allá.

La localización geográfica del AMM y la topografía del lugar donde se encuentra la hacen vulnerable a un tipo de desastre natural particular: las inundaciones repentinas. El AMM se extiende al pie de las montañas de la Sierra Madre Oriental, en una llanura semiárida en la que se entrecruzan ríos, valles y quebradas, a donde llegan los escurrimientos de las montañas cercanas. Esas montañas, que alcanzan alturas de 2.000 metros, captan y condensan la humedad que aportan las tormentas tropicales que se desplazan desde el Océano Atlántico. Las tormentas fuertes (en especial, los huracanes) pueden causar precipitaciones intensas y repentinas a lo largo de la Sierra, provocando crecientes extraordinarias que bajan con una gran fuerza destructiva hacia los cauces generalmente secos de los ríos y las quebradas del AMM.

Desde su fundación hace más de cuatro siglos, Monterrey ha sufrido una larga historia de inundaciones repentinas (Cavazos, 1961). Estos eventos poco frecuentes, pero recurrentes, han causado grandes daños. El peor ocurrió en 1909, causando la muerte de 5.000 personas (Sánchez y Zaragoza, 1989; Salazar, 2010). Más recientemente, dos eventos catastróficos afectaron al AMM: uno en 1988, como consecuencia del huracán Gilberto, y otro en 2010, a raíz del huracán Alex. Este capítulo se centra en este evento más reciente, que causó graves daños a la infraestructura urbana del AMM.

El capítulo está organizado de la siguiente manera. La primera sección describe el huracán Alex en términos meteorológicos y cuantifica su impacto inmediato con relación a la inundación del AMM. La segunda sección describe y analiza los daños causados por Alex, incluyendo la pérdida de propiedades públicas y privadas y la interrupción de la actividad económica. La tercera sección aborda las causas subyacentes del desastre, con referencias específicas a la relación entre la realidad

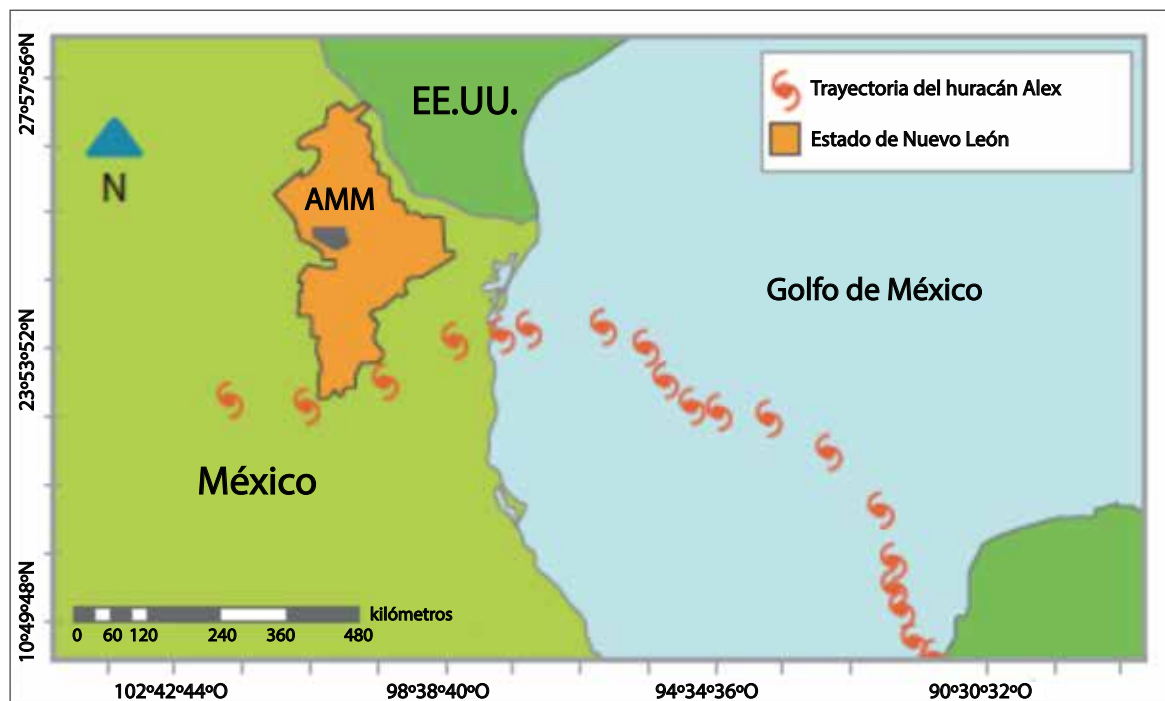
hidrológica del AMM y su patrón de desarrollo urbano. La cuarta sección propone lecciones que se pueden obtener del huracán Alex y que podrían contribuir a reducir el riesgo de inundaciones repentinas en el AMM. El capítulo concluye con un examen de los desafíos y las oportunidades que el AMM afrontará en el futuro si un evento como el huracán Alex vuelve a golpear la ciudad.

## Las inundaciones por el huracán Alex

Alex fue la primera tormenta de la temporada de los huracanes de 2010 en el Océano Atlántico; tocó tierra en Belice, cruzó la Península de Yucatán y el Golfo de México, y atravesó la costa noreste de México (figura 9.1) como un huracán de categoría 2 en la escala de Saffir-Simpson. Debido a su tamaño y su trayectoria, los remanentes del huracán generaron lluvias intensas en la región noreste de México, en especial en las laderas de la Sierra Madre Oriental del lado del Golfo de México, donde se encuentra el AMM. La figura 9.2 muestra las isoyetas de precipitación acumulada registradas durante las 48 horas transcurridas entre el 29 de junio y el 1 de julio de 2010 en el estado de Nuevo León. Esa acumulación fue un récord para el AMM al alcanzar más de 600 mm en el área montañosa que se alza al sureste, precisamente donde tiene su fuente el río Santa Catarina, la principal corriente de agua del AMM.

**Figura 9.1**

**Trayectoria del huracán Alex y localización del Área Metropolitana de Monterrey (AMM)**

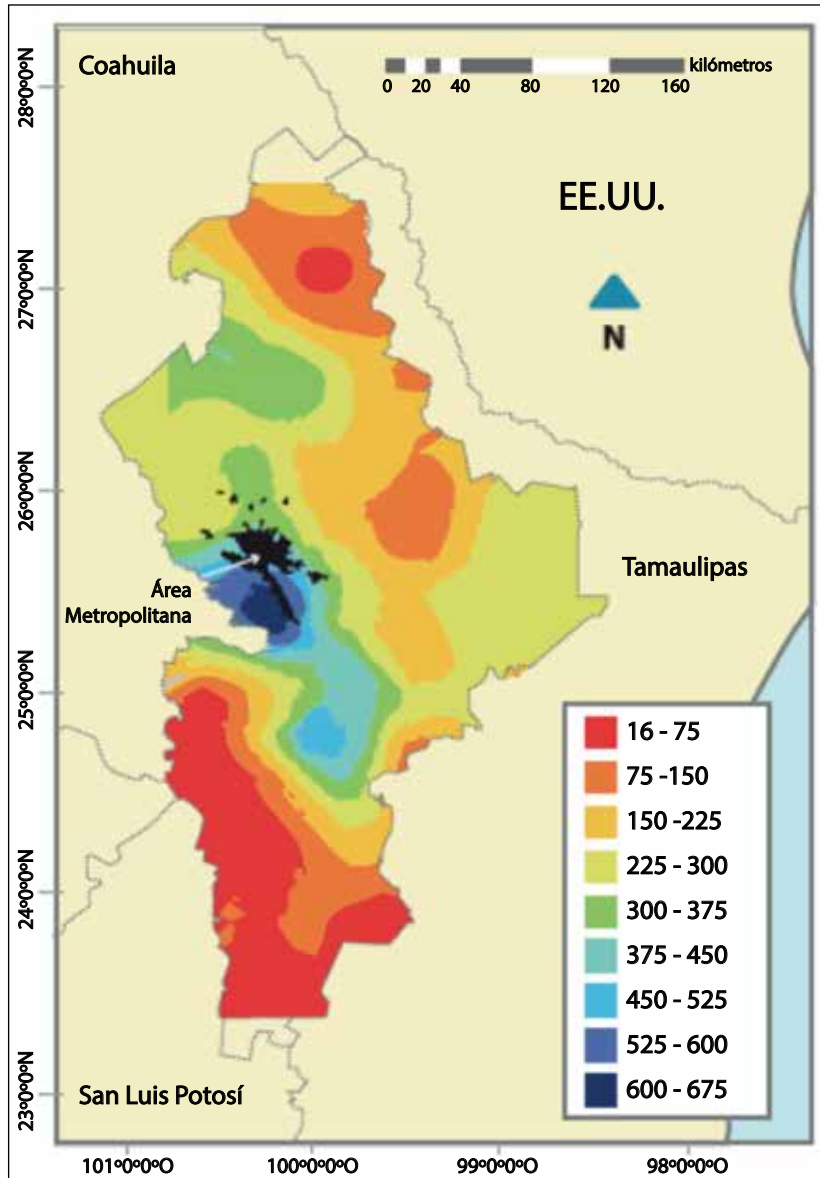


Fuente: Autores

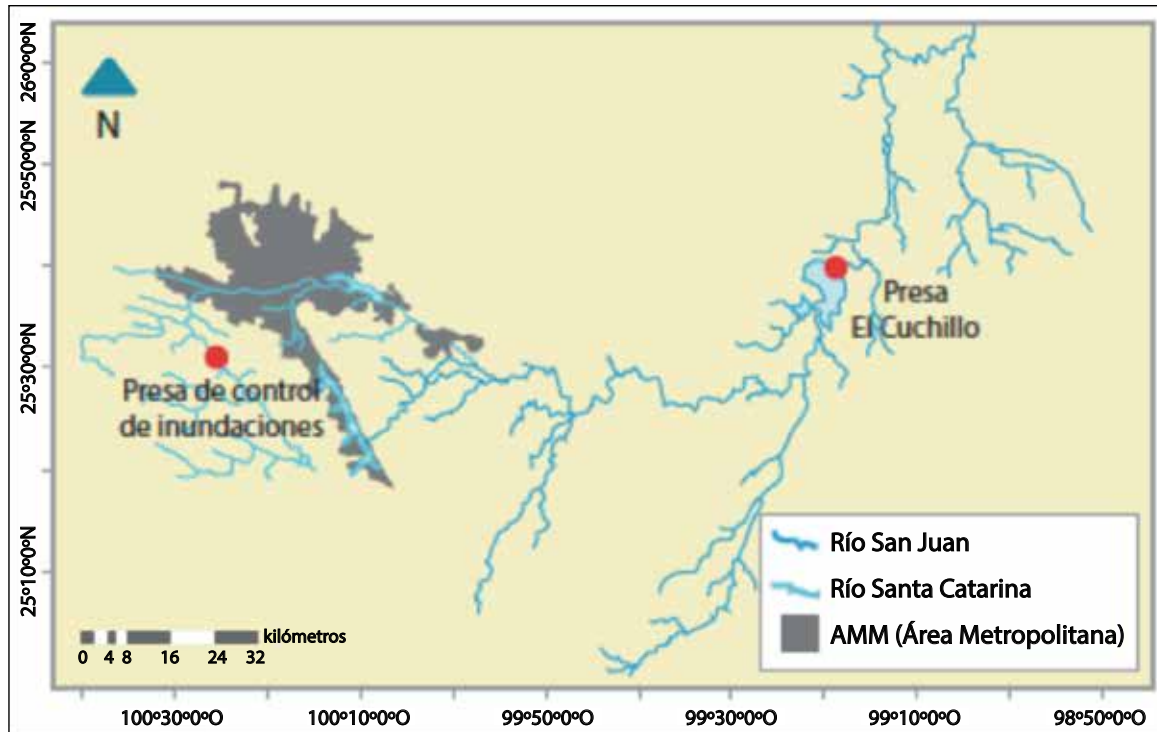


**Figura 9.2**

Isoyetas de la precipitación acumulada (mm) en las 48 horas entre el 29 de junio y el 1 de julio de 2010, Nueva León



Fuente: Autores, con datos de CONAGUA (2010)

**Figura 9.3****Características hidrológicas e hidráulicas en el Área Metropolitana de Monterrey (AMM) y sus alrededores**

Fuente: Autores

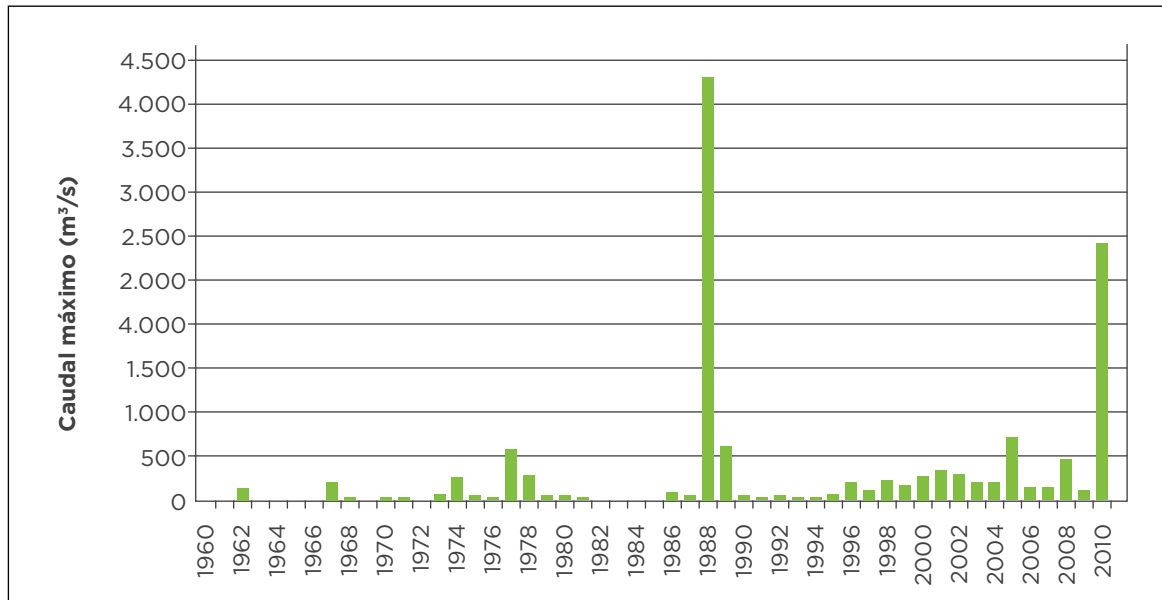
La figura 9.3 ilustra las principales características hidrológicas e hidráulicas del AMM y sus áreas adyacentes. En el alto valle del río Santa Catarina, aguas arriba del AMM, hay una presa de control de inundaciones conocida como Corral de Palmas –o también referida como Presa o Cortina Rompepicos–, diseñada para reducir los niveles máximos de crecientes provocados por las lluvias intensas. La presa, finalizada en 2004, con un costo de 46 millones de dólares (Ferriño Fierro et al., 2010), regula una porción de la cuenca alta del río Santa Catarina. Aguas abajo de la presa, este río atraviesa el AMM de oeste a este, sirviendo como el principal componente del área para el drenaje de agua pluvial, hasta desembocar en el río San Juan. A más de 100 km aguas abajo, hacia el este del AMM, hay un embalse para el almacenamiento a gran escala, El Cuchillo, que es la principal fuente de agua potable para el AMM.

Las lluvias que acompañaron al huracán Alex provocaron escorrentías excepcionales en los ríos y quebradas del AMM. La figura 9.4 muestra el caudal máximo del río Santa Catarina para cada año entre 1960 y 2010. El caudal máximo asociado con el huracán Alex en 2010 alcanzó 2.700 m<sup>3</sup>/s, el segundo mayor registrado en ese periodo, superado solo por los 4.400 m<sup>3</sup>/s causados por el huracán Gilberto en 1988.

El régimen hidrológico del río Santa Catarina se caracteriza por largos periodos en los que el caudal es extremadamente bajo. El cuadro 9.1 muestra la frecuencia de caudal máximo para el periodo 1960-2010. En general (más del 80 por ciento de las veces), el río estaba virtualmente seco en ese periodo, con picos de caudal inferiores a 250 m<sup>3</sup>/s. De hecho, la mayor parte del cauce del río normalmente no tiene agua a lo largo del año puesto que el flujo normal transcurre por un estrecho canal natural. Sin embargo, en dos ocasiones hubo escurrimientos desastrosos que excedieron los 2.000 m<sup>3</sup>/s y que llenaron bruscamente todo el cauce del río. La probabilidad anual de tales eventos es inferior al 4 por ciento.

**Figura 9.4**

**Caudal máximo registrado entre los años 1960 y 2010, río Santa Catarina, Área Metropolitana de Monterrey**



Fuente: Autores, con datos de CONAGUA (2010)

**Cuadro 9.1**

**Frecuencias de caudal máximo registrado entre los años 1960 y 2010, río Santa Catarina, Área Metropolitana de Monterrey**

Rango (m³/s)	Número de eventos	Frecuencia (%)
<250	41	80,4
250-1000	8	15,7
1.000-2.000	0	0
> 2.000	2	3,9
Total	51	100

Fuente: Autores, con datos de CONAGUA (2010)

## **Daños causados por el huracán Alex<sup>2</sup>**

### ***Daños a la infraestructura pública***

Las inundaciones causadas por el huracán Alex ocasionaron daños importantes a la infraestructura pública del estado de Nueva León, especialmente a la infraestructura de carreteras del AMM. En solo unas horas, la vía de acceso más importante al AMM –formada por dos avenidas con un tránsito intenso que corren paralelas a las dos orillas del río Santa Catarina– perdieron el 70 por ciento de su capacidad de gestión del tráfico debido a que carriles enteros colapsaron por la crecida del río. Los reportes oficiales para todo el estado estimaron los daños al sistema de carreteras en 7,8 millones de m<sup>2</sup> de pavimento destrozado, 2,7 millones de m<sup>3</sup> de lodo y rocas acumuladas en las carreteras, y 100 puentes vehiculares y 154 alcantarillas destrozados o gravemente dañados. La figura 9.5, tomada desde un punto del río Santa Catarina situado en el

centro del AMM, muestra las aguas golpeando el vado de Santa Bárbara, que quedó arrasado.

La tormenta también tuvo un impacto considerable sobre los servicios de agua potable, saneamiento y alcantarillado. Según la empresa municipal Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey (SADM, 2010), el huracán Alex destruyó más de 54.000 metros de tuberías y 45.000 metros de colectores y subcolectores de aguas residuales. Siete estaciones de bombeo quedaron dañadas o destruidas, al igual que unas 10.000 conexiones domésticas a la red de agua y alcantarillado, mientras que el funcionamiento de 11 plantas de tratamiento de aguas residuales quedó interrumpido.

### Figura 9.5

#### Inundación repentina en el río Santa Catarina, Área Metropolitana de Monterrey, después del huracán Alex



Fuente: Cortesía del Centro de Calidad Ambiental y del Centro del Agua para América Latina y el Caribe, Tecnológico de Monterrey, Monterrey (2010)

### Cuadro 9.2

#### Presupuesto de reconstrucción aprobado por Nuevo León después del huracán Alex

Objeto	Pesos mexicanos (millones)	USD (millones) <sup>a</sup>	Proporción del total (%)
Carreteras	6.132,43	471,73	37,0
Infraestructura urbana	4.457,12	342,86	27,9
Infraestructura hidráulica	5.417,93	416,76	32,7
Otros	572,56	44,04	3,5
Total	16.580,04	1.275,39	100

Nota: a A una tasa de cambio de 13 pesos mexicanos por dólar estadounidense  
Fuente: Autores, con datos del CERNL (2014)

El cuadro 9.2 resume las contribuciones financieras locales y federales que fueron aprobadas para enfrentar los daños causados por el huracán Alex. De un total de 16.580 millones de pesos mexicanos (aproximadamente 1.300 millones de dólares<sup>3</sup>), el 97 por ciento fueron asignados a la reconstrucción de las carreteras y la infraestructura urbana e hidráulica que resultaron dañadas o arrasadas. La cantidad total equivalía al 1,83 por ciento del producto interno bruto (PIB) del estado de Nuevo León en 2010, que, según el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), fue de 907.733 millones de pesos mexicanos (69.825 millones de USD<sup>3</sup>) (INEGI, 2014).

### ***Daños a la propiedad privada***

Las pérdidas de propiedades privadas como consecuencia del huracán Alex, aunque considerables, fueron relativamente menores en comparación con el impacto a las instalaciones públicas. Un total de 15.811 viviendas reportaron haber sufrido daños en su mobiliario o aparatos electrodomésticos. De esas viviendas, 4.964 (31 por ciento) eran 'irregulares', es decir, estaban en asentamientos informales sin título legal de la tierra. Por lo general, estas viviendas estaban construidas en áreas expuestas al riesgo, no apropiadas para la construcción de edificación, tales como áreas junto a las riberas de los ríos y arroyos. En términos de daños estructurales, se reportaron 652 casas totalmente destruidas y otras 3.835 destruidas mínima o parcialmente. Las compañías de seguros pagaron unos 2.500 millones de pesos (aproximadamente 192 millones de dólares) a los titulares de pólizas por las pérdidas en sus viviendas, negocios o vehículos (Aguilar Barajas et al., 2013).

Sin embargo, los daños a la propiedad privada representan solo una fracción del impacto a las personas. En muchos aspectos, el huracán Alex fue un gran desastre para la población: 15 personas perdieron la vida, 12.361 personas tuvieron que ser evacuadas o rescatadas y 68.314 familias necesitaron el suministro urgente de comida y agua, 148.000 se quedaron sin electricidad y 50.000 sin servicio de agua durante días o incluso semanas. Además de estos trastornos, hubo el impacto de las caóticas condiciones del tránsito que prevaleció durante meses después del evento –cientos de miles de personas afrontaron desplazamientos diarios mucho más largos y dando rodeos. En consecuencia, se desperdiciaron millones de horas que representaban una pérdida económica de tamaño considerable.

### ***Impacto en la actividad económica***

En comparación con 2009, el año 2010 vio un fuerte crecimiento económico en Nuevo León pese al huracán Alex, con un aumento del 7,21 por ciento del PIB del estado. El crecimiento registrado en los dos sectores más importantes de la economía estatal, las manufacturas y el comercio, fue incluso más pronunciado (14,8 por ciento y 17,5 por ciento, respectivamente). No se puede decir, por tanto, que Alex provocara una crisis económica en el estado, pero un análisis más detallado de las estadísticas económicas mensuales muestra que sí tuvo algunos efectos a corto plazo. El cuadro 9.3 resume el índice de producción manufacturera y el índice de ventas minoristas para los meses de abril a septiembre de 2010. El mes que siguió al paso de Alex (julio de 2010) la producción manufacturera mostró una caída significativa de casi el 8 por ciento, aunque se recuperó en agosto.

**Cuadro 9.3**

**Índice de producción manufacturera (IPM, Nuevo León) e índice de ventas al por menor (IVM, Área Metropolitana de Monterrey) de abril a septiembre de 2010 (términos reales, con base 100 en 2003)**

Mes	IPM		IVM	
	Valor del índice	Variación mensual (%)	Valor del índice	Variación mensual (%)
Abril	122,43	-3,0	123,74	-2,4
Mayo	127,81	4,4	136,47	10,3
Junio	128,08	0,2	125,39	-8,1
Julio	120,79	-5,7	127,98	2,1
Agosto	129,73	7,4	132,04	3,2
Septiembre	131,35	1,2	124,05	-6,1

Fuente: Autores, con datos oficiales del INEGI (2014)

La figura 9.6 coloca esta caída en un marco más amplio de 36 meses. La magnitud del impacto del huracán es evidente cuando se compara con caídas normales en el ciclo de negocios en ese periodo. En el caso de las ventas al por menor, tanto julio como agosto de 2010 fueron meses de crecimiento, según los datos del cuadro 9.3. De hecho, el desempeño de este indicador en los meses que siguieron a Alex fue similar al de 2009 y 2011.

En general, el impacto del huracán Alex en la actividad económica de Nuevo León y del AMM se hizo sentir principalmente en la producción y duró menos de tres meses. El evento no parece haber afectado de forma significativa el consumo ni el empleo.<sup>4</sup> Cabe destacar que la resiliencia del AMM en lo que se refiere a su actividad económica, y en especial su producción industrial, deriva del simple hecho de que sus instalaciones manufactureras y parques industriales están localizados lejos de las zonas de peligro. Esos efectos, según los registros, fueron indirectos y causados por trastornos en el transporte y las comunicaciones que persistieron en el AMM en los meses que siguieron al huracán.

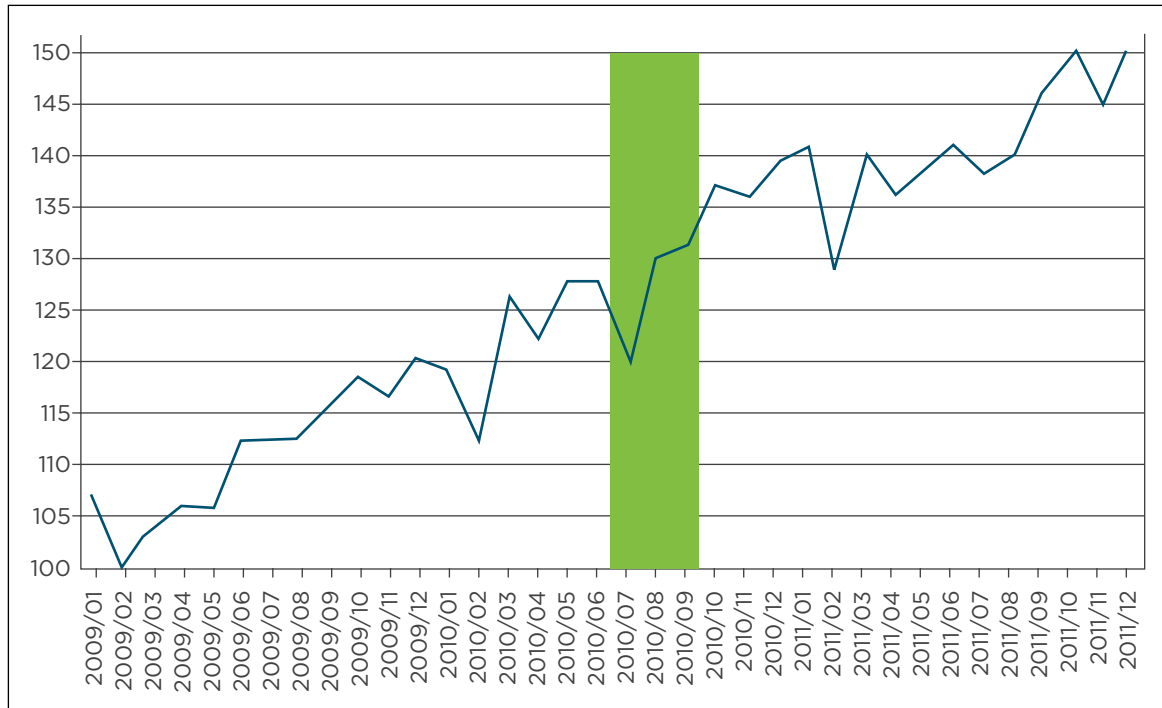
### **Diagnóstico de las causas del desastre desencadenado por el huracán Alex**

La causa inmediata de los importantes daños causados por el huracán Alex fue la insuficiente capacidad hidráulica de los cauces de los ríos y las cañadas del AMM para manejar las extraordinarias escorrentías que produjo. Esta falta de capacidad puede atribuirse, al mismo tiempo, a varias características de la estructura urbana del AMM, que la hicieron vulnerable a tales eventos. De estas características, las dos más importantes son el estrechamiento de las corrientes y el uso inadecuado de sus márgenes, reflejando en ambos casos patrones de desarrollo urbano que han resultado ser frágiles y vulnerables.

Por ejemplo, el diseño y trazado de las principales vías de comunicación por carretera de la ciudad –las avenidas Constitución (ribera norte) y Morones Prieto (ribera sur)– han reducido seriamente, en varios lugares, las secciones transversales del río Santa Catarina. La figura 9.7 (fotografía aérea tomada antes del paso del huracán Alex) muestra el drástico estrechamiento del cauce del río como consecuencia del trazado de la carretera. Cuellos de botella de este tipo, combinados con la fragilidad de las propias carreteras (p. ej., la debilidad o falta de refuerzo de las orillas del río), generaron daños serios a lo largo de todo el cauce del río.

**Figura 9.6**

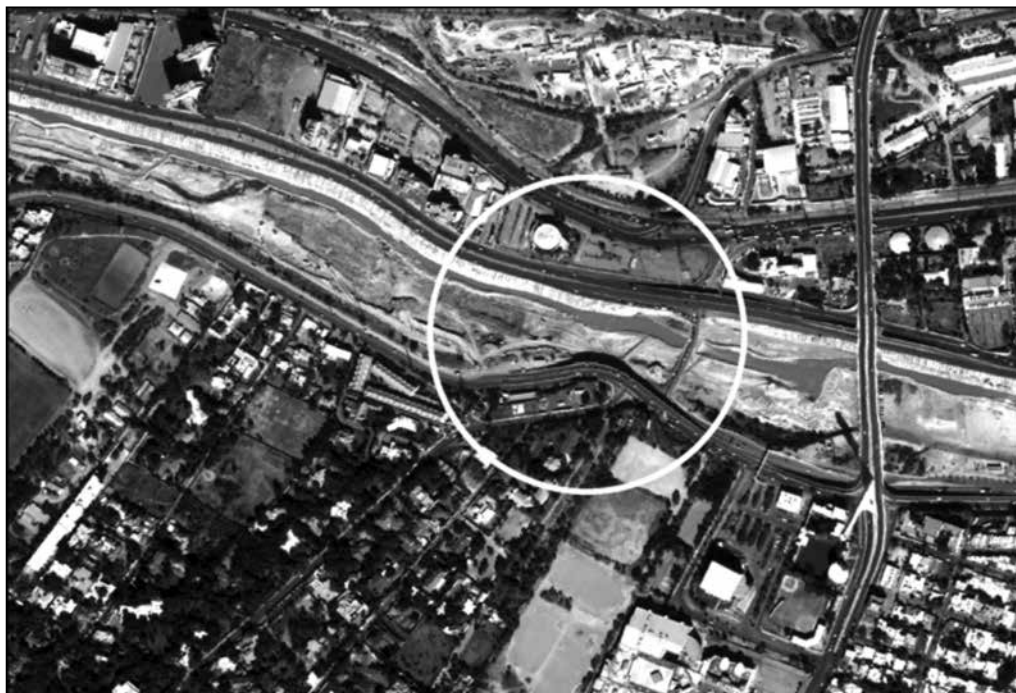
**Índice mensual de producción industrial (términos reales, con base 100 en 2003), Nuevo León, enero de 2009 a diciembre de 2011**



Nota: El área en verde corresponde a los tres meses después del huracán Alex  
Fuente: Autores, con datos del INEGI (2014)

**Figura 9.7**

**Estrechamiento del cauce del río por la infraestructura vial, Área Metropolitana de Monterrey, 2007**



Fuente: Ramírez (2011b)

### Figura 9.8

Estrechamiento del cauce del río por una infraestructura residencial, Área Metropolitana de Monterrey, 2007



Fuente: Ramírez (2011b)

### Figura 9.9

Impacto del huracán Alex en el cauce del río, Área Metropolitana de Monterrey, 2010



Fuente: WorldView-2, obtenida de Digital Globe por el Centro del Agua para América Latina y el Caribe, Tecnológico de Monterrey, Monterrey (2010)



Los patrones de desarrollo de viviendas también han contribuido a la falta de capacidad hidráulica en el AMM. Por ejemplo, la figura 9.8 muestra cómo en una sección del río Santa Catarina la anchura del canal se ha visto reducida drásticamente (de 260 metros a 140 metros) por la presencia de una zona residencial. En este caso, la responsabilidad recae en una serie de asentamientos irregulares cuyos habitantes no tienen títulos de propiedad porque sus viviendas están situadas en un área prohibida a nivel federal donde, por razones obvias, está excluida esta forma de uso del suelo. Cabe señalar que los asentamientos informales en el AMM son de diferente tipo y abarcan desde una diversidad de refugios temporales hasta vecindarios con casas adecuadas, con acceso a agua entubada y electricidad. La zona residencial en la figura 9.8 corresponde a este último tipo de asentamiento.

No obstante, se debe reconocer que la ubicación inapropiada y la protección inadecuada contra las inundaciones repentinas no se limitan a los asentamientos irregulares en el AMM. Por el contrario, más de dos tercios de las viviendas afectadas por el Huracán Alex están localizadas en lotes donde no había restricciones legales para su uso como zonas de construcción. Todas estas consideraciones apuntan a fallas serias -tanto en el cumplimiento de las normativas federales como en el diseño de los planes de desarrollo local urbano- a la hora de tener en cuenta las realidades hidrológicas en el AMM.

La figura 9.8 muestra otro fenómeno urbano que también afectó, si bien en menor grado, la capacidad del AMM para afrontar la escorrentía extraordinaria del huracán Alex: la invasión del cauce del río Santa Catarina por una variedad de instalaciones deportivas y recreativas, incluyendo campos de fútbol, un campo de minigolf, un campo de golf completo, jaulas de práctica de bateo, una pista de *karting* y circuitos para *jogging* y bicicletas. En diferentes puntos del cauce del río había también mercados improvisados, puestos de alimentación, lotes de estacionamiento y otras instalaciones públicas.

La figura 9.9 ilustra el impacto de la inundación repentina causada por el huracán Alex en la sección del río Santa Catarina que se muestra en la figura 9.8. Las estructuras e instalaciones que antes ocupaban el lecho del río, incluyendo un vado, fueron completamente arrastradas por las aguas y transformadas en escombros que posteriormente quedaron depositados aguas abajo en el lecho del río. Curiosamente, lo único que quedó en pie fue la zona residencial mencionada, que se salvó por su elevación relativa respecto al resto del cauce del río. Sin embargo, un pico ligeramente más fuerte del caudal la habría arrasado.

## Lecciones del huracán Alex

El huracán ofrece algunas lecciones para la planificación del desarrollo urbano en el AMM a la luz de los riesgos latentes de inundaciones súbitas. Nos centramos aquí en tres lecciones fundamentales que apuntan a tres líneas de defensa contra tales eventos para el AMM: obras de prevención de inundaciones aguas arriba del AMM, el diseño urbano dentro del AMM y las capacidades de respuesta a situaciones de emergencia. En cada caso, el análisis subraya tanto los avances logrados como las tareas aún pendientes.

### **Ingeniería preventiva**

El huracán Alex demostró la eficacia de la presa de control de inundaciones Corral de Palmas (figura 9.3). Durante el evento, se estima que el caudal máximo que entró en el embalse de la presa alcanzó los 1.440 m<sup>3</sup>/s, mientras que la salida máxima era

de unos 655 m<sup>3</sup>/s. Esta significativa diferencia de más del 50 por ciento del caudal en la parte más alta del río Santa Catarina redujo entre 50 y 60 cm su nivel pico en el centro del AMM (Ramírez, 2011a). Aunque es difícil cuantificar el daño evitado gracias a lo anterior, está claro que sin la presa el desastre habría sido incluso mayor y que podrían haberse dado más inundaciones en áreas densamente pobladas.

La presa Corral de Palmas comenzó a operar en 2004, una década y media después de que golpeará el huracán Gilberto en 1988, y sigue siendo la única estructura que protege al AMM de las grandes crecientes que se generan ocasionalmente aguas arriba. La experiencia del huracán Alex sugiere la necesidad de realizar más obras de este tipo, en particular para controlar el caudal en todos los tramos superiores del río Santa Catarina. También sería sensato identificar las mejores opciones de prevención en otras cuencas y valles aguas arriba del AMM, incluyendo embalses de laminación y retención, pequeñas presas de regulación y diques de gaviones, dependiendo de las características particulares de cada lugar.

Un sistema de prevención completo basado en obras de control de las inundaciones reduciría sin duda el riesgo de inundación repentina en el AMM. Una solución así no plantea ningún desafío técnico importante, pero su implementación sería costosa y probablemente no produciría muchos resultados en forma de dividendos políticos en el corto plazo. Por su propia naturaleza, las obras de este tipo tienden a pasar desapercibidas a ojos de los votantes porque están en sitios remotos y demuestran su valor únicamente en raras ocasiones. Las iniciativas políticas y administrativas que en última instancia llevaron a la construcción de la presa Rompepicos demuestran, sin embargo, que es posible considerar obras de ingeniería múltiples para proteger el AMM.

### **Diseño urbano**

El huracán Alex puso al descubierto numerosas deficiencias en el diseño urbano del AMM. Estas deficiencias pueden ser apreciadas fácilmente en muchas obras, estructuras y edificaciones que, debido a sus inadecuadas especificaciones o ubicación resultaron gravemente dañadas o devastadas. El evento demostró la necesidad de integrar el riesgo hidrológico en el diseño urbano del AMM. Dicha integración requiere tres elementos básicos: una capacidad hidráulica suficiente para manejar los escurrimientos generados por eventos como el huracán Alex en el AMM, un diseño robusto de las instalaciones urbanas que no pueden ser desplazadas fuera de las zonas de peligro y la reubicación de los equipamientos urbanos que están expuestos al riesgo pero no pueden ser reforzados de manera adecuada.

El esfuerzo de reconstrucción tras el huracán representó un avance importante en esos tres frentes. Por ejemplo, aproximadamente 7,35 millones de m<sup>3</sup> de materiales y sedimentos fueron retirados de 27 km del cauce del río Santa Catarina, se construyeron 4 km de muros de protección contra la erosión, se rehabilitaron 4,2 km de laderas y se reubicaron 13 viviendas (CONAGUA, 2013). También se aprovechó la oportunidad para reemplazar infraestructura vial dañada o destruida con estructuras más fuertes y funcionales; por ejemplo, los nuevos puentes de Agua Fría-Zuazua, Cosmópolis-Metroplex y El Realito (CERNL, 2014). En los tres casos, puentes elevados de cuatro carriles sustituyeron a los vados de dos vías, los cuales estaban muy deteriorados y carecían de suficiente capacidad para soportar el flujo vehicular. Además, cuatro años después del huracán, el cauce del río Santa Catarina sigue libre de invasiones recreativas o comerciales.

A pesar de estos logros, todavía no se han resuelto por completo problemas básicos del diseño urbano del AMM. Por ejemplo, ha habido pocos cambios en el diseño de

la arteria principal Morones Prieto-Constitución, que va de este a oeste a lo largo de los márgenes del río Santa Catarina, y el cauce del río todavía sufre estrechamientos importantes en algunos puntos, especialmente en el área central del AMM. Más aún, han aparecido nuevas limitaciones, especialmente donde la vía Gonzalitos cruza el río de norte a sur. Obviamente, es muy difícil en cualquier circunstancia rediseñar un tejido urbano ya establecido basándose en criterios hidrológicos estrictos. Afortunadamente, el AMM tiene una alternativa, asumiendo que se reconozca este punto fundamental: cuando más invierta en obras de prevención aguas arriba, como se ha descrito en la sección anterior, menos problemático será su diseño urbano y menos tendrá que gastar en reforzarlo.

### **Capacidad de respuesta**

El AMM demostró una gran capacidad de respuesta frente a los muchos desafíos que planteó el huracán Alex y sus secuelas. Tres días después de que pasara la tormenta, el 85 por ciento de la población tenía servicio de agua y al cabo de 15 días el servicio había sido restaurado en toda el AMM (SADM, 2010). Rápidamente, se pusieron en marcha múltiples programas, en los que estaban involucradas no solo las autoridades públicas sino también asociaciones cívicas y empresariales para ayudar a las víctimas. En un corto periodo de tiempo, fue activado en el AMM un plan de emergencia para el tráfico, cuya principal característica era restringir la circulación a una sola dirección en las dos arterias de la vía este-oeste, de modo que se permitía un uso más eficiente de lo que quedó en pie tras el paso de Alex.

Tres semanas después del evento, ya se había constituido el Consejo Estatal de Reconstrucción de Nueva León (CERNL), que reunió a representantes de los tres niveles de gobierno (federal, estatal y municipal), del sector privado y de instituciones locales de educación superior. La historia del trabajo y de los muchos desafíos que tuvo que afrontar este incipiente consejo, merecerían por sí mismos un estudio de caso profundo. Los resultados finales eran sin duda fáciles de ver: tres años después del huracán Alex, era difícil detectar cualquier huella del desastre en el AMM para un observador externo o sin conocimiento previo.

La impresionante capacidad de respuesta del AMM refleja su relativa prosperidad económica, la calidad de su capital humano y su experiencia de muchos años con estos problemas. Sin embargo, depender de una respuesta reactiva como estrategia para adaptarse al riesgo de inundaciones repentinas podría ser insostenible dada la naturaleza aleatoria e impredecible del fenómeno. Desde el punto de vista estadístico, no hay nada que impida a dos o más eventos de este tipo ocurrir uno detrás de otro en una sucesión rápida. Por tanto, resulta alarmante considerar el improbable, pero posible, escenario en el que una serie de desastres puedan superar la capacidad de respuesta del AMM con consecuencias difíciles de imaginar.

### **Conclusiones**

El huracán Alex fue una repetición del caos sembrado más de 20 años antes, en 1988, por Gilberto, una tormenta aún más fuerte. La aparente incapacidad de aprender de las lecciones del evento anterior delata el particular modelo de adaptación al riesgo que se ha impuesto en el AMM: un modelo reactivo, centrado en restaurar la infraestructura perdida o dañada, que aprovecha la oportunidad para realizar algunas mejoras técnicas, pero que no asume los cambios radicales que supondría integrar el riesgo hidrológico en el diseño urbano del AMM.

Aunque este modelo ha permitido hasta ahora al AMM sobrevivir una larga historia de inundaciones súbitas desastrosas, es problemático. Por un lado, más allá del esfuerzo oneroso de reconstrucción que obviamente conlleva el modelo, éste genera costos ocultos de tamaño considerable. El ejemplo más claro y reciente de estos costos son los millones de horas que cientos de miles de ciudadanos perdieron a diario en sus desplazamientos debido al caos del tránsito que prevaleció en los meses que siguieron al paso del huracán Alex, con todo el valor económico inevitable que esto implica, por no mencionar el trastorno y el estrés que sufrieron estas personas. Por otro lado, la relativamente exitosa historia del modelo no ofrece al AMM garantías para el futuro, dada la propia naturaleza de la amenaza. Las inundaciones súbitas son aleatorias e impredecibles y siempre existe la posibilidad de una sucesión de tormentas como Alex que sobrepasarían completamente la capacidad de respuesta del AMM.

Las soluciones técnicas para impulsar la capacidad que tiene el AMM para resistir a las inundaciones repentinas son bastante claras y simples: un paquete de obras de control de las inundaciones aguas arriba y otro paquete de obras para mejorar el diseño urbano dentro del AMM basado en el criterio de minimizar el riesgo hidrológico. El propósito, por supuesto, es dar al AMM la capacidad de gestionar sus ríos y arroyos como un sistema integrado para evacuar escorrentías extraordinarias.

Desafortunadamente, en ningún caso es fácil tomar decisiones con relación a esas soluciones. Las obras necesarias conllevan un costo inmediato, pero sus beneficios son tan aleatorios e impredecibles como la amenaza que buscan conjurar. En términos institucionales, las decisiones seguirían siendo complejas incluso en el mejor de los casos –es decir, si hubiera una sola autoridad metropolitana con poderes necesarios y suficientes y la responsabilidad para afrontar lo que es esencialmente un problema metropolitano. Para empezar, la cuestión de cuál es el mejor equilibrio que se puede lograr entre obras preventivas aguas arriba del AMM y obras en el interior de esta área plantea dilemas que afectan a una gran número de personas directa e indirectamente.

El problema está exacerbado por el hecho de que la realidad institucional del AMM está lejos de ser el caso ideal mencionado arriba. Por el contrario, este caso se caracteriza por una arquitectura que involucra a un amplio abanico de partes interesadas: las autoridades federales (en especial, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y la Comisión Nacional del Agua), múltiples autoridades estatales y una docena de gobiernos municipales. Si bien este complicado marco –en el que se cruzan tantos intereses, poderes, instituciones, programas y leyes a diferentes niveles del Gobierno– ha sido capaz de responder a los desafíos planteados por el huracán Alex, parece sin embargo incapaz, por su propio diseño, de ofrecer soluciones de fondo y de largo plazo para el AMM.

Quizás resulta irónico que el paso del huracán Alex, que ocurrió justo cuando comenzaba la temporada de lluvias, sirviera para llenar los embalses que suministran agua al AMM, garantizando así más de dos años de abastecimiento. Esto hizo posible aliviar las terribles consecuencias que podrían haber tenido las dramáticas condiciones climáticas del año siguiente, 2011, que fue el décimo tercer año más seco desde 1941 y el menos lluvioso de los 14 años anteriores (CONAGUA, 2012). Si no hubiera sido por los efectos benéficos del huracán, el AMM –un centro productivo de importancia nacional del noreste de México– habría sufrido una severa escasez de agua.

El AMM ha demostrado históricamente su adaptabilidad a las condiciones climáticas extremas de un entorno semidesértico. Hasta ahora, la metrópolis ha sido capaz de resolver sus problemas de abastecimiento de agua gracias, en gran medida, a los embalses situados aguas abajo y las obras de captación que, en su momento, reflejaron una ingeniería vanguardista y una visión de largo plazo. Pero, en la otra

cara de la moneda del clima, las inundaciones repentinas representan objetivamente un desafío mucho mayor, a superar todavía por el área metropolitana. Sin duda, el problema más urgente por resolver es diseñar y establecer una estructura institucional que permita una toma de decisiones acorde con el riesgo y la implementación de las obras necesarias para un gestión eficaz de ese riesgo. De lo contrario, el AMM estará condenado a revivir el pasado o algo peor.

## Notas

- <sup>1</sup> Este capítulo se basa en parte en el proyecto de investigación “Fortalecimiento de la gobernanza hídrica en un contexto de cambio climático: el caso de la Zona Metropolitana de Monterrey”, que fue auspiciado por el Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU-Hábitat) y elaborado en 2012-2013.
- <sup>2</sup> En esta sección, los datos sobre daños se refieren a menudo a todo el estado de Nueva León, no solo al AMM y, a menos que se indique lo contrario, son tomados del CERNL (2014). Los datos para todo el estado representan una aproximación aceptable de los del AMM, puesto que esta área representa más del 86 por ciento de la población del estado y una proporción incluso mayor de su economía e infraestructura. Además, el AMM y las áreas circundantes recibieron las mayores cantidades de agua de lluvia durante el huracán Alex (figura 9.2) y, por tanto, sufrió la mayor parte de los daños registrados en la entidad.
- <sup>3</sup> A una tasa de cambio de 13 pesos mexicanos por cada dólar estadounidense.
- <sup>4</sup> Véase Aguilar Barajas et al. (2013) para un análisis exhaustivo de los impactos económicos del huracán Alex usando modelos estadísticos ARIMA (modelo autorregresivo integrado de media móvil)

## Referencias

- Aguilar Barajas, I., Magaña Rueda, V., Ramírez Orozco, A., y Sisto, N. P. (2013). “Fortalecimiento de la gobernanza hídrica en contextos de cambio climático: el caso de la zona metropolitana de Monterrey”, informe técnico no publicado para ONU-Hábitat, Monterrey.
- Cavazos, I. (1961). *Historia de Nuevo León*, Biblioteca de Nuevo León, UANL, Monterrey.
- CERNL (Consejo Estatal para la Reconstrucción de Nuevo León) (2014). *Juntos reconstruyendo Nuevo León. Memorias CERNL*, Gobierno de Nuevo León, Monterrey. Consultado el 1 de mayo de 2014: [www.conl.mx/](http://www.conl.mx/)
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2010). “Informe interno sobre los impactos del huracán Alex en Monterrey”, Subdirección General Técnica y Organismo de Cuenca Río Bravo, Ciudad de México.
- CONAGUA (2012). Reporte del clima en México. Reporte Anual 2011, CONAGUA, Ciudad de México, consultado el 1 de mayo de 2014 <http://smn.cna.gob.mx/climatologia/analisis/reporte/Anual2011.pdf>
- CONAGUA (2013). 8ª Reunión de Planeación del Consejo Estatal para la Reconstrucción de Nuevo León, 18 de julio de 2013, informe técnico no publicado, Palacio de Gobierno Estatal, Monterrey.

- Ferriño Fierro, A., Guerra Cobián, V., Bruster Flores, J., De Lira Reyes, G., Cavazos González, R. (2010). *Control de inundaciones en zonas urbanas, caso de estudio: presa Rompe Picos Corral De Palmas ubicada en Santa Catarina, Nuevo León, México, Ciencia - FIC*, n.º 1, pp. 5-9.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) (2014). *Banco de Información Económica* (BIE, consultado el 1 de mayo de 2014, [www.inegi.org.mx/sistemas/bie/default.aspx](http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/default.aspx)
- Ramírez, A. (2011a). "Evaluación del funcionamiento de la presa Rompepicos". Informe técnico solicitado para integrar en *Reconstrucción del río Santa Catarina después del huracán Alex*, CONAGUA, Monterrey.
- Ramírez, A. (2011b). "Hidrología e hidráulica en el río Santa Catarina". Informe técnico solicitado para integrar la reconstrucción del río Santa Catarina después del huracán Alex, CONAGUA, Monterrey.
- SADM (Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey) (2010). *Tormenta tropical Alex - el agua: prioridad inmediata*, SADM, Monterrey.
- Salazar, A. (2010). "Pérdidas del patrimonio arquitectónico de Monterrey. Desastres naturales por lluvia", *Ciencia UANL*, vol. 13, n.º 1, pp. 11-15.
- Sánchez, O. y Zaragoza, A. (1989). "El río fiero, bramaba", *Cuadernos del Archivo General del Estado de Nuevo León*, n.º 35, pp. 1-125.

# 10 El proyecto de recuperación ambiental y control de las inundaciones del río Bogotá

*Carlos R. Costa Posada*

*Carlos Felipe Urazán Bonells*

*Edder A. Velandia Durán*

## Introducción

El río Bogotá es un río emblemático de Colombia. Sus aguas riegan la llanura más fértil del país y fluyen a través de la ciudad de Bogotá para dirigirse hacia las cataratas de Tequendama para desembocar en el río Magdalena. Sin embargo, la calidad del agua del río Bogotá deja mucho que desear. Cuando llega a la ciudad del mismo nombre, con un caudal promedio de 10 m<sup>3</sup>/s, solo es adecuado para el regadío; al pasar por la ciudad, recibe unos 20 m<sup>3</sup>/s de aguas residuales prácticamente sin tratar. Al llegar a ese punto, se considera que es un río 'muerto'.

La cuenca del río Bogotá es escenario de diversas actividades económicas –en los sectores agrícola, industrial y de servicios– que, unidas a la prosperidad de Bogotá, la capital de Colombia, han atraído a la región a muchos migrantes.<sup>1</sup> La población estimada de la cuenca era de 9,3 millones en 2012 (SDP, 2012). La ciudad de Bogotá, que se encuentra en la parte media de la cuenca, no solo alberga a la mayoría de esa población (aproximadamente 7,5 millones de personas, o el 20 por ciento de la población total del país) sino que además ha registrado el crecimiento poblacional anual más alto. Este crecimiento está ejerciendo una fuerte presión sobre el medio ambiente, una situación agravada por el fenómeno migratorio dentro de la región y la consiguiente proliferación de asentamientos irregulares.

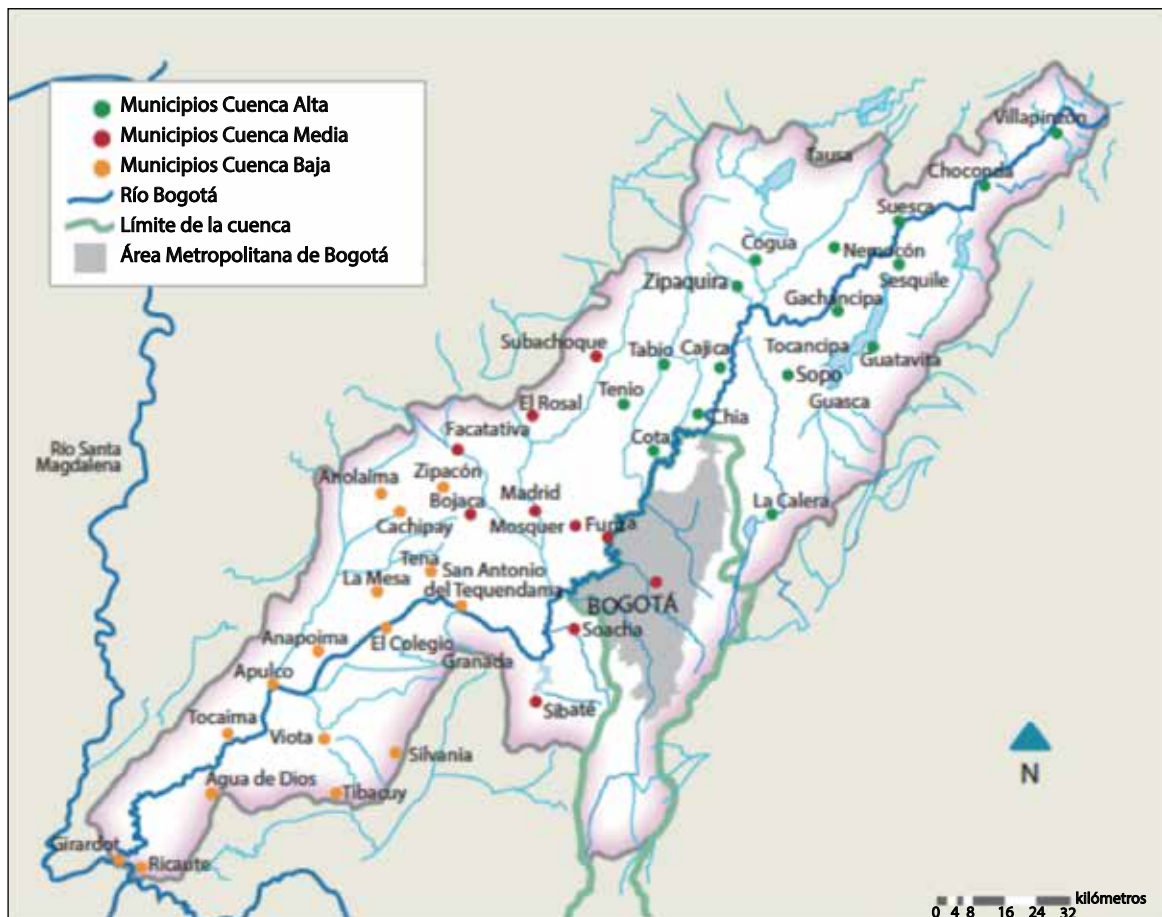
Aunque Bogotá creció de espaldas al río y siempre descargó sus aguas residuales en esa corriente fluvial, en la actualidad, la ciudad ocupa completamente las márgenes del río, exponiendo a la población ribereña a problemas de salud e inundaciones frecuentes, tanto en el interior de la ciudad como aguas abajo. Estas preocupaciones llevaron al Gobierno del Distrito Capital (DC), la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB), la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) y el Gobierno nacional a formular el Proyecto de Adecuación Hidráulica y Recuperación Ambiental del río Bogotá. El proyecto representa un plan integral para mejorar la calidad del agua del río, proteger el área urbana de inundaciones con intervalos de recurrencia de 100 años y restaurar las áreas ribereñas que sirven como terrenos inundables, hábitats ecológicos y áreas públicas de recreo. Este es un ejemplo de cómo un proyecto para mitigar los daños por inundaciones y descontaminar un cauce puede convertirse en un proyecto de desarrollo urbano que mejorará la calidad de vida de los habitantes de la ciudad.

## La cuenca del río Bogotá

El nacimiento del río Bogotá se encuentra en el Páramo de Guacheneque, a una altitud de 3.300 m sobre el nivel del mar, en el municipio de Villapinzón (departamento de Cundinamarca) y fluye unos 336 kilómetros en dirección sureste hasta unirse al río Magdalena, a una altitud de 280 metros, en el municipio de Girardot (departamento de Cundinamarca). En su recorrido recibe agua de 15 afluentes. El río Bogotá suministra agua a Bogotá y a otros diez municipios. El mayor usuario es la EEAB. Otros ríos importantes en el contexto urbano de Bogotá son el Tunjuelo, el Fucha y el Salitre, que atraviesan la ciudad de este a oeste, recibiendo agua de varios arroyos y manantiales antes de desembocar en el río Bogotá (SDP, 2011). En conjunto, estos ríos constituyen el principal mecanismo para el drenaje urbano y la principal característica ecológica de la ciudad. La cuenca del río Bogotá ha sido dividida conceptualmente en tres secciones conocidas como Cuenca Alta, Cuenca Media y Cuenca Baja, como muestra la figura 10.1. Esta clasificación refleja consideraciones relacionadas con la topografía, la calidad del agua, las estructuras de control hidráulico y la jurisdicción territorial.

**Figura 10.1**

**Cuenca del río Bogotá y localización de los municipios en la Cuenca Alta, Media y Baja**



Fuente: Adaptado de CAR (2014)



### **La Cuenca Alta**

La Cuenca Alta está localizada al norte de Bogotá y se extiende desde el municipio de Villapinzón hasta la estación de Puente La Virgen. El tramo del río en esta parte de la cuenca tiene 145 km de longitud y se divide entre 16 municipios, que tenían una población combinada de 538.000 personas en 2012 (DANE, 2012a). El río Bogotá está considerado un río de montaña debido a las características físicas de la cuenca alta, que dan al curso del río una inclinación pronunciada y, por consiguiente, una corriente rápida. La calidad del agua del río está comprometida por los vertidos de los centros de población y las actividades productivas. Esta cuenca tiene un caudal relativamente bajo, regulado por tres embalses: Sisga, Tominé y Neusa (Velandia, 2006).

### **La Cuenca Media**

En el tramo de 68 km que hay entre la estación de Puente La Virgen y las compuertas Alicachín, cerca del embalse del Muña, el río corre por el límite occidental de la ciudad de Bogotá. La población en esta parte de la cuenca era de aproximadamente 8.473.000 personas en 2012 (DANE, 2012a). Es en esta cuenca media donde las aguas de los ríos Salitre, Fucha y Tunjuelo se juntan con el río Bogotá. Algunos de los tributarios relevantes de la cuenca media son: Juan Amarillo, Fucha, Tunjuelo, Balsillas, Teusacá, Soacha, la descarga de la planta de tratamiento de aguas residuales de El Salitre y las estaciones de bombeo de aguas residuales y pluviales de Fontibón, Navarra, Saucedal II y Gibraltar, así como de los colectores del sistema de alcantarillado de la zona sur de Bogotá y del municipio de Soacha.

### **La Cuenca Baja**

La Cuenca Baja es la que corresponde a los últimos 123 km del río, desde Alicachín, en el embalse del Muña, hasta la confluencia con el río Magdalena. En esta parte de la cuenca, el río Bogotá atraviesa los municipios de Agua de Dios, Anapoima, Anolaima, Apulo, Cachipay, El Colegio, Girardot, La Mesa, Quipilé, Ricaute, San Antonio, Tena, Tocaima, Viotá y Zipacón, que juntos tenían una población de 284.000 personas en 2012 (DANE, 2012a).

## **La calidad del agua del río Bogotá**

A medida que el río desciende por su curso, la calidad del agua se deteriora constantemente. Esto es el resultado combinado de varios aspectos de la cuenca: las actividades humanas y productivas, la baja cobertura del alcantarillado y de tratamiento de aguas residuales, el deterioro progresivo de los suelos por la sobrexplotación y el vertido de basuras y desechos agrícolas. Según El Departamento Administrativo Nacional de Estadística de Colombia, el 37 por ciento de la población que vive en la cuenca del río Bogotá no tiene servicio de alcantarillado (DANE, 2012b); esta cifra no considera la ciudad de Bogotá en donde la cobertura de alcantarillado es del 100 por ciento. El mayor déficit de cobertura de este servicio se encuentra en la Cuenca Baja.<sup>2</sup>

Hacia el final de la Cuenca Media, la calidad del agua se ha deteriorado hasta el punto de que el río es ahora prácticamente una alcantarilla a cielo abierto, altamente tóxica, que plantea riesgos para la salud humana. La calidad del agua se degrada especialmente por las descargas de aguas residuales de Bogotá. En esta parte del río también son vertidos los desechos industriales y domésticos de varios municipios más. Según las mediciones de monitoreo de la calidad del agua presentadas por el

Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES) (DNP, 2004) y el estudio realizado en 2008 (CAR, 2009), la calidad del agua del río Bogotá se ha deteriorado de manera constante.

Los vertidos en la Cuenca Media, que comienzan a aproximadamente 178 kilómetros aguas abajo del nacimiento del río, tienen un nivel de sólidos en suspensión totales significativamente más elevado que en la Cuenca Alta, aumentando en consecuencia los niveles en la Cuenca Baja. La misma situación se da en términos de concentración de bacterias coliformes, cromo, plomo y níquel. La parte del río Bogotá a lo largo del perímetro urbano de Bogotá es el más afectado por la pobre calidad del agua. En 2009, la contribución de los habitantes de los municipios situados en las márgenes del río Bogotá al indicador de sólidos suspendidos totales (SST) y de carga orgánica fue de unas 428.000 toneladas, de las cuales el 85 por ciento correspondían a la ciudad de Bogotá (CAR, 2009).

En cambio, la calidad del agua en la Cuenca Baja mejora parcialmente por el proceso de sedimentación en el cauce de la Cuenca Media y el embalse de Muña, por el incremento del tiempo de reacción de las materias orgánicas, la aireación del agua al caer por pendientes pronunciadas y cascadas de gran altura,<sup>3</sup> y el hecho de que la población ribereña vierte menos residuos. Desde 2004, ha estado en marcha en Bogotá la primera fase de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) Salitre. La planta tiene una capacidad de 4 m<sup>3</sup>/s y el tratamiento secundario retira hasta un 40 por ciento de la carga orgánica y un 60 por ciento de los SST del agua tratada. Las aguas residuales de la subcuenca de drenaje Juan Amarillo, al norte de Bogotá, son transportadas a esta planta, localizada al noroeste de la ciudad (DNP, 2004).

La mala calidad del agua del río Bogotá, especialmente a su paso por los límites de la ciudad, genera varios impactos adversos. Entre los más importantes están los efectos sobre las actividades económicas, la degradación del cauce del río y del paisaje, la producción de olores nauseabundos por la descomposición de materias orgánicas y la inundación de tierras, lo que ha limitado el crecimiento de Bogotá en el margen occidental del río y en los municipios vecinos. El valor del suelo en las áreas urbanas ha disminuido y grandes porciones de zonas de amortiguamiento ambiental a lo largo del río han quedado inútiles para fines recreativos.

El hecho de que el agua sea inapropiada para el consumo doméstico y agrícola ha tenido impacto en la calidad de vida de la población ribereña, que debe competir por el agua incluso si está contaminada. La degradación ambiental de los ecosistemas asociados con el río Bogotá plantea serios problemas de salud, no solo para las personas que viven cerca del río, que generalmente pertenecen a los estratos socioeconómicos más bajos, sino también para la población que consume alimentos de cultivos irrigados con sus aguas, como es el caso del distrito de riego de La Ramada. Los microorganismos encontrados en la Cuenca Media son fuente de enfermedades transmitidas por el agua con altos porcentajes de morbilidad y mortalidad, especialmente entre los miembros de la población más vulnerable –niños, ancianos y mujeres atrapados en los núcleos de pobreza.

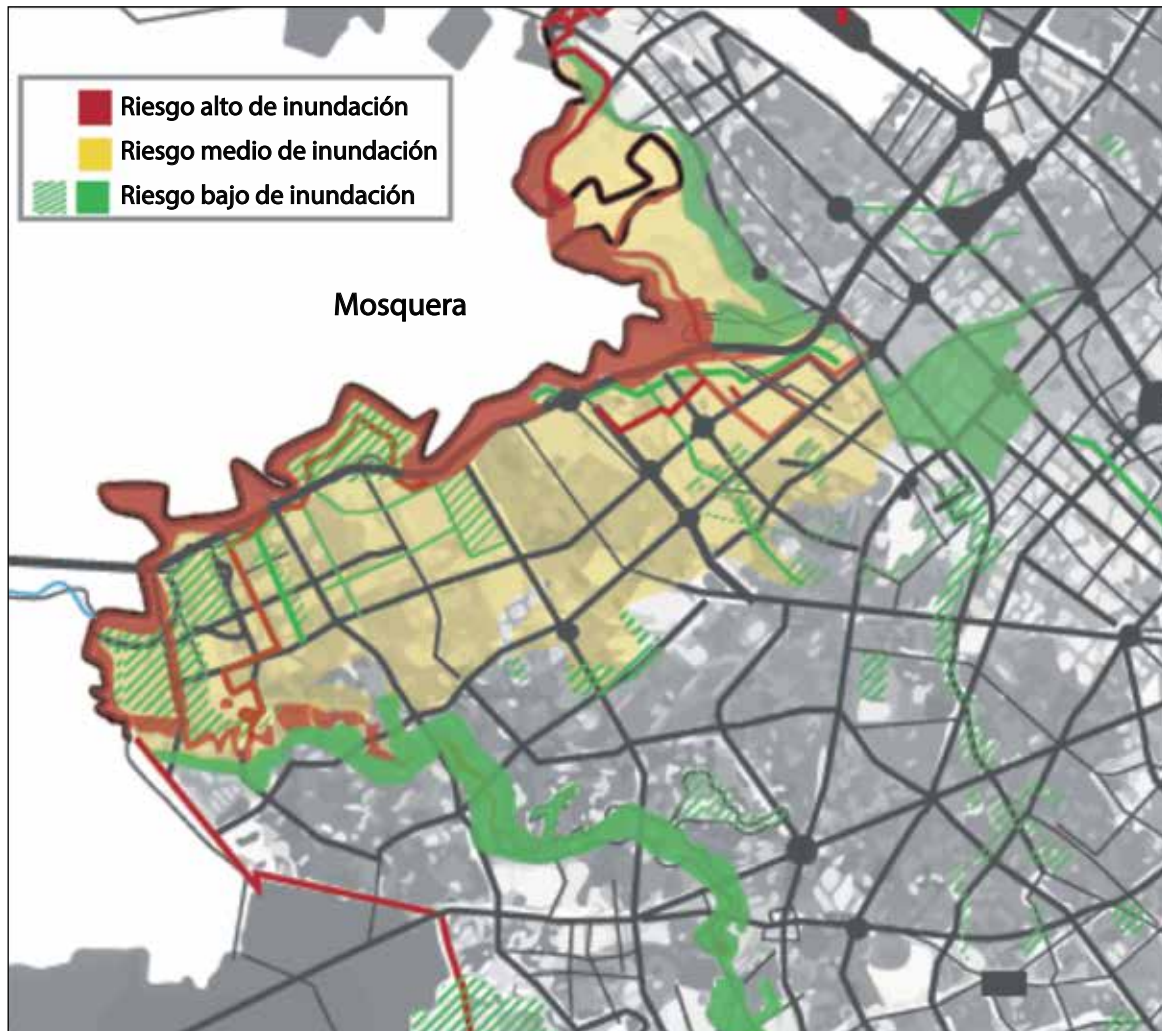
La mala calidad del agua tiene impactos ambientales adversos a lo largo de todo el río Bogotá, especialmente en los lugares por los que transcurre en la ciudad. Entre esos impactos están los siguientes: la pérdida de organismos de los ecosistemas acuáticos; el desplazamiento de la vida silvestre; la proliferación de insectos y roedores; y el crecimiento de plantas acuáticas en la superficie del río y sus márgenes, con efectos perjudiciales para las dinámicas hidráulicas, el paisaje y la propia calidad del agua.

## Inundaciones del río Bogotá

Las inundaciones en la cuenca del río Bogotá muestran un comportamiento diverso y tienen diferentes impactos en cada una de las tres cuencas en las que se divide. En la Cuenca Alta, las inundaciones son raras porque el caudal está regulado por embalses y los impactos de las eventuales inundaciones son moderados porque hay relativamente pocos asentamientos humanos cerca del río. Sin embargo, durante el fenómeno meteorológico de La Niña, el río desborda sus márgenes, incluso en sus tramos más altos, como consecuencia de las excesivas limitaciones impuestas a su cauce. Al norte de la ciudad de Bogotá, las inundaciones están asociadas con: i) la ruptura de jarillones<sup>4</sup> o el desbordamiento de la capacidad hidráulica del cauce como resultado de defectos en el diseño, la construcción o el mantenimiento de esos diques; ii) una reducción del área donde se cruzan los ríos por obras realizadas en su principal canal o a lo largo de sus terrenos inundables; o iii) la pérdida del perfil hidráulico por la sedimentación.

Las inundaciones en el Cauce Medio ocurren como resultado de crecidas directas del río Bogotá y de los ríos Fucha y Tunjuelo (que cruzan la ciudad de oeste a este). En esta porción de la cuenca del río, las inundaciones son más frecuentes debido a la poca pendiente del cauce y la sinuosidad del curso del río. El desarrollo urbano ha cambiado la respuesta de la cuenca a las precipitaciones y se registran cada vez más inundaciones repentinas debido a la impermeabilidad de las superficies, la eliminación de la cobertura vegetal, la falta de almacenamiento estacional de agua, la pérdida de humedales, la canalización del agua pluvial y la reducción de la rugosidad natural del suelo por la nivelación. En la Cuenca Baja, los problemas asociados con las inundaciones están relacionados con la inestabilidad del cauce y sus riberas.

Según el Sistema de Información para el Manejo de Riesgos y la Atención de Emergencias de Bogotá (SIRE), una de las causas de las inundaciones en la ciudad es el desarrollo urbano inadecuado de las rondas<sup>5</sup> a lo largo de los ríos. Esta urbanización genera vertidos de aguas residuales que contribuyen a incrementar el caudal por encima de la capacidad de las zonas de amortiguamiento. La ocupación de los ecosistemas de humedales lleva a la pérdida de los servicios ambientales que brindan, tales como una reducción de la capacidad de amortiguamiento para mitigar las inundaciones. Algunas de las áreas que más sufren por las inundaciones son asentamientos informales o ilegales que han sido construidos por debajo de la línea de inundación con una recurrencia de 10 años en las zonas de amortiguamiento. Desde su construcción, estos asentamientos han sido legalizados por las autoridades, pero no han existido obras para mitigar la vulnerabilidad de las viviendas en las zonas de alto riesgo. La figura 10.2 muestra los límites del área propicia a inundaciones en la zona más occidental de Bogotá, la cual coincide con las áreas de asentamientos humanos legalizados por las autoridades del distrito.

**Figura 10.2****Áreas en riesgo de inundación en un sector al occidente de Bogotá**

Fuente: Adaptado de SDP (2013)

**Estrategias para el control de las inundaciones y la contaminación del río Bogotá*****Cronología e hitos, 1974-2014***

La historia de los esfuerzos realizados para afrontar la contaminación y las inundaciones del río Bogotá (CAR, s.f.) es larga. En 1974 fue realizado un estudio sobre la manera de mejorar el río. En 1989 se propuso la construcción de tres plantas de tratamiento de aguas residuales en Salitre, Fucha y Tunjuelo. En 1994 se firmó un contrato de construcción, operación y transferencia (BOT, por sus siglas en inglés) con Degremont y Lyonnaise des Eaux para la primera fase de la PTAR de Salitre. En el año 2000 se adoptó un Plan de Ordenamiento Territorial (POT) para la ciudad. En 2004 el CONPES diseñó una estrategia para la limpieza ambiental del río Bogotá y la EAAB asumió la operación directa de la planta de El Salitre. Dos años después, el CAR adoptó el Plan de Manejo y Ordenamiento de una Cuenca (POMCA) para el río Bogotá, que abogaba por la ampliación y modernización de la PTAR de El Salitre y establecía objetivos de calidad del agua para la cuenca. También en 2006, la CAR y el Distrito Capital firmaron el 'Convenio 171' por el que ambas partes acordaron unir

esfuerzos para descontaminar el río Bogotá. En 2010 fue firmado un acuerdo con el Banco Mundial para un préstamo para financiar la primera fase del Proyecto de Adecuación Hidráulica y Recuperación Ambiental del Río Bogotá (véase la siguiente sección para obtener detalles de este proyecto e información actualizada de las actividades para restablecer el medio ambiente del río y controlar las inundaciones).

En las cuatro últimas décadas, los sucesivos gobiernos municipales y la autoridad de gestión medioambiental, la CAR, han mostrado un profundo interés en la contaminación del río Bogotá. Este interés se ha traducido en diferentes propuestas que no siempre han gozado del consenso entre las entidades responsables de decidir el tipo de intervenciones y su magnitud. En la búsqueda de una solución integral, la CAR y la EAAB han liderado conjuntamente el programa de limpieza del río, que se centra en el Cauce Medio y abarca acciones para la recuperación ecológica del río con proyecciones a corto, mediano y largo plazo.

En el caso de la ciudad de Bogotá, se han realizado acciones que incluyen la limpieza de tierras para el control de inundaciones, la remoción de plantas acuáticas del cauce de los ríos y el refuerzo de los diques. La CAR ha emprendido obras de dragado en el río Bogotá, así como el mantenimiento de diques a fin de mejorar el perfil hidráulico del canal. Las inspecciones han llevado a impedir que los residentes de zonas cercanas rompan los diques para sacar agua del río. La EAAB ha dado pasos también para regular las escorrentías en las áreas urbanas de Bogotá e integrar sus operaciones con el sistema de generación de energía.

### ***Proyecto de Adecuación Hidráulica y de Recuperación Ambiental para el río Bogotá***

La CAR es responsable de la ejecución de este proyecto, que se inscribe en la estrategia de gestión ambiental del río Bogotá, propuesto por el CONPES en su documento 3.320, y las acciones acordadas entre la CAR y la EAAB para la recuperación del río y la prevención de inundaciones en Bogotá. Estas acciones serán implementadas en la Cuenca Media del río Bogotá, en los 68 km que se extienden entre las compuertas de Alicachín, en el municipio de Soacha, y la estación de Puente de la Virgen, en el municipio de Cota (figura 10.3).

#### ***Objetivos***

Dentro de este marco de referencia, fue firmado un contrato con el Banco Mundial (2010) el 14 de diciembre de 2010. El objetivo principal era la recuperación ambiental y el control de las inundaciones del río Bogotá. Más particularmente, la recuperación ambiental fue vista como un activo para Bogotá y su región circundante.

#### ***Estructura***

El proyecto está estructurado en cuatro componentes principales:

1. ***Tratamiento de aguas residuales.*** Esto involucra una inversión de 335 millones de dólares para modernizar y ampliar la PTAR de Salitre de manera que pase de ser una planta de tratamiento primario, con una capacidad de 4 m<sup>3</sup>/s, a una planta de tratamiento secundario, con una capacidad de 8 m<sup>3</sup>/s. El afluente será descargado en el río Bogotá y podría potencialmente ser reutilizado en el distrito de riego de La Ramada.
2. ***Restauración ambiental.*** Involucra una inversión de 140 millones de dólares para la construcción de diques, la rehabilitación de los hábitats ribereños, la compra

de tierras para despejar las áreas ocupadas ilegalmente y el establecimiento de parques y zonas multifuncionales a lo largo del río Bogotá, incluyendo la creación de conexiones entre el río y los humedales.

3. *Estudios de prioridad ambiental.* Se ha asignado un monto de 7 millones de dólares para financiar los planos y estudios analíticos, tales como una actualización del plan de gestión integral para los humedales del río Bogotá y el plan maestro para la gestión de biosólidos en la región metropolitana de Bogotá.
4. *Administración del proyecto.* Tiene una asignación de 5 millones de dólares.

**Figura 10.3**

**Localización de las principales obras incluidas en la primera y segunda fase del Proyecto de Adecuación Hidráulica y Recuperación Ambiental del río Bogotá.**



Fuente: Adaptado del Banco Mundial (2010, p. 110)

### *Obras de tratamiento de las aguas residuales*

En 1990, el Gobierno Municipal de Bogotá, el Ministerio de Planificación Nacional, la EAAB, el Gobierno del Distrito Capital y la CAR formaron un comité interagencial para definir las políticas y las acciones necesarias para la restauración del río Bogotá. Desde entonces, ha habido algunas propuestas para limpiar el río, incluyendo un intento fallido para mejorar las condiciones de la cuenca mediante un proyecto financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) que instaba al establecimiento de 24 plantas de tratamiento de aguas residuales en las Cuencas Media y Alta.

Entre las diferentes opciones, la PTAR de El Salitre fue seleccionada como parte de un plan para restaurar el humedal de Juan Amarillo y controlar las inundaciones del valle del río Salitre. La PTAR de Salitre es una instalación que ha reducido la descarga de contaminación de Bogotá a su río homónimo. Esta planta fue construida entre 1997 y 2000 por la empresa Bogotana de Aguas y Saneamiento (BAS) Suez-Lyonnaise des Eaux-Ondeo Degremont. Esta firma era responsable de operar la PTAR hasta junio de 2004, cuando se hizo cargo de ella la EAAB con la intención de recortar los costos de operación. La PTAR de El Salitre es actualmente una planta de tratamiento primario asistida químicamente con una capacidad de 4 m<sup>3</sup>/s. En esta primera fase del proyecto será modernizada y convertida en una planta de lodos activados con una capacidad convencional de 7,1 m<sup>3</sup>/s.

### *Obras de recuperación ambiental*

Los trabajos bajo este componente son de dos tipos:

1. Construcción de diques o jarillones y dragado del cauce del río para aumentar su capacidad hidráulica desde los actuales 80-100 m<sup>3</sup>/s hasta 100-200 m<sup>3</sup>/s. Este incremento considera una inundación con un período de retorno de 100 años. La capacidad de transporte del cauce aumentará mediante estas obras de 8 a 14 millones de m<sup>3</sup>.
2. La recuperación de tierras ocupadas ilegalmente a fin de devolverlas a su función natural como receptáculo de inundaciones. La restauración de estas áreas no solo minimizará las pérdidas de vidas y propiedades durante las inundaciones, sino que también permitirá que las áreas sean usadas como espacios verdes y de recreo, así como para otros propósitos.

Algunas de las obras de canalización y control de inundaciones podrían incorporar infraestructura recreativa, como se hizo por ejemplo con el río Salitre donde, como muestra la figura 10.4, la zona de amortiguamiento a lo largo del río ofrece un valor agregado gracias a senderos y carriles para bicicletas. Las obras de recuperación del humedal Juan Amarillo incluyeron el cultivo de árboles en su perímetro, reforzando en consecuencia el paisaje, ofreciendo refugio a las especies animales, mejorando la calidad de vida de los residentes locales y retornando las tierras a su estado natural.

**Figura 10.4****Obras de recuperación del río Salitre, Juan Amarillo, noroeste de Bogotá**

Fuente: Autores

**Desafíos y recomendaciones**

La implementación del proyecto de recuperación ambiental del río Bogotá se ha visto retrasada por diversas circunstancias, tales como los cambios radicales de algunas de las obras, los desacuerdos sobre la realización de las obras y sus costos, y cuestiones relativas a las obras que están actualmente en marcha. Estos asuntos se presentan a continuación con mayor detalle.

***Obstáculos para la coordinación interinstitucional***

Dado que distintas entidades son responsables de la calidad del agua del río, las opiniones conflictivas hacen inevitablemente difícil la coordinación, pese al enfoque multidisciplinario e integral de los equipos de trabajo. Algunos ejemplos de esas situaciones son:

- El desacuerdo en 2004 entre la EAAB y la CAR respecto a la eficiencia de la PTAR de Salitre y el tipo de modificaciones y ampliaciones necesarias.
- El desacuerdo entre la CAR y el Gobierno nacional por un lado, y entre el Distrito Capital y la EAAB por otro lado, sobre el volumen de agua que debería ser tratada en la PTAR de Canoas.
- El desacuerdo entre la EAAB y la empresa productora de energía eléctrica EMGESA (empresa con 51 por ciento de propiedad bajo control de la Empresa de Energía de Bogotá), sobre el financiamiento de los costos de operación de la futura estación de bombeo de Canoas.



La mediación externa ha sido un elemento clave para resolver estas situaciones. En algunas ocasiones, el Gobierno nacional ha servido como mediador entre las instituciones locales, mientras que en otras la mediación ha sido realizada por instituciones multilaterales que han proporcionado estudios técnicos o cofinanciamiento para las inversiones.

### ***Falta de coordinación entre las políticas de desarrollo urbano y las políticas ambientales***

Los resultados deseados tal y como los conciben las entidades ambientales tienden a ser diferentes de los que buscan las entidades municipales. La autoridad municipal frecuentemente alega que se le deniega la oportunidad de planificar un crecimiento ambientalmente sostenible en áreas que la autoridad de ambiente quiere proteger. También hay diferencias en cuanto a las metas de descontaminación y las inversiones necesarias y los costos operacionales que conlleva lograr esas metas.

En el contexto de esta discusión, cabe destacar que en Colombia las autoridades ambientales son jerárquicamente superiores a las autoridades urbanas en esos aspectos y, por tanto, tienen legalmente potestad para imponer sus criterios. Sin embargo, sus decisiones no son siempre aplicadas, bien porque se retrasan las inversiones o porque existen asentamientos irregulares (de ciudadanos o comunidades que se han apropiado del territorio sin el permiso adecuado). Fomentar un debate público abierto ha sido muy útil para aclarar las posiciones de las partes. Otro elemento que ha contribuido al acuerdo ha sido el cofinanciamiento de las inversiones por el Gobierno nacional y la autoridad regional ambiental de Cundinamarca.

### ***Enmiendas continuas a proyectos***

Los largos periodos necesarios para llevar a cabo las soluciones propuestas para los problemas del río han atestiguado cambios de gobierno, nuevos desarrollos tecnológicos y cambios en la propiedad y ocupación de las tierras necesarias para la ejecución de las obras. Todos estos cambios, junto con los intereses políticos y privados de distintos tipos, han generado modificaciones significativas y enmiendas a las soluciones propuestas originalmente. Un ejemplo es el cambio de la propuesta inicial que planteaba la construcción de tres PTAR (Salitre, Fucha y Tunjuelo) por la solución que se busca ahora -construir solo dos grandes plantas (Salitre y Canoas). También han existido cambios importantes en las fuentes de financiamiento y en la participación del sector privado, incluyendo el reemplazo del financiamiento extranjero privado, con contratos de tipo BOT de largo plazo, por financiamiento directo y préstamos de bancos multilaterales.<sup>6</sup> La resolución de estas situaciones ha necesitado la intervención de entidades con una credibilidad técnica sólida, principalmente el Departamento de Planificación Nacional, y de instituciones multilaterales como el Banco Mundial y el Banco Interamericano de Desarrollo.

### ***Los impactos de las descargas industriales***

La legislación que exige el tratamiento de las aguas residuales industriales antes de ser vertidas en la red de alcantarillado público no se cumple, lo que plantea una amenaza significativa a la efectividad de las inversiones destinadas a la recolección de las aguas residuales y los sistemas de tratamiento, los cuales deben cumplir las normativas que regulan los descargas de aguas residuales domésticas. Sin embargo, la experiencia en Bogotá muestra que una combinación de campañas de concienciación para reducir el consumo industrial y la imposición de sanciones pueden tener un

efecto saludable. Mediante esas campañas y medidas, la EAAB ha conseguido cambiar significativamente los hábitos de consumo de agua y ha invertido en medidas de ahorro de agua (con los usuarios finales) que han reducido el promedio de consumo de agua potable per cápita.

### **Costos de tratamiento de las aguas residuales**

Una de las principales preocupaciones respecto a la sostenibilidad de las inversiones en la recolección de aguas residuales y sistemas para su tratamiento es su costo operativo y la necesidad de pasar una proporción mayor de esos costos a los usuarios. Esto puede representar un incremento significativo de las facturas del servicio, lo que tiene implicaciones sociales y políticas que tienden a retrasar la toma de decisiones. En la actualidad, se están examinando alternativas para subsidiar el costo de la energía utilizada por las PTAR como una forma de reducir sus costos de operación y generación de energía mediante la recuperación de gas metano. También hay una propuesta para revisar la normativa que regula el uso de lodos residuales de las PTAR, los cuales actualmente solo pueden ser depositados en rellenos sanitarios con un alto costo.

## **Conclusiones**

La cuenca del río Bogotá tiene importancia nacional para Colombia. En general, Bogotá es una metrópolis próspera en crecimiento. Sin embargo, este crecimiento está ejerciendo una gran presión ambiental en la cuenca. El tramo del río que fluye a lo largo del perímetro occidental de la ciudad está muy contaminado y esto tiene un impacto adverso en la economía, la salud de los residentes, el crecimiento de la ciudad y el ambiente. Además, la urbanización en la ciudad ha provocado un cambio en la capacidad de la cuenca para afrontar la escorrentía y esto, junto con la expansión de los asentamientos en las llanuras inundables del río, sin medidas de mitigación, ha incrementado la frecuencia, gravedad y duración de las inundaciones causadas por el río y sus afluentes.

En este contexto, se ha establecido el Proyecto de Adecuación Hidráulica y Recuperación Ambiental del río Bogotá, con obras para el procesamiento del agua, el control de las inundaciones, la renovación urbana y la mejora de la calidad de vida. Los proyectos de tratamiento de aguas residuales normalmente tienen poco atractivo para las administraciones públicas por el alto costo de inversión y operación, y por no tener un impacto obvio en la calidad de vida de las personas que hacen la inversión. El caso del río Bogotá diverge de la experiencia observada en otros lugares. La estrategia ha sido diseñada para transformar un proyecto de tratamiento de aguas residuales y control de inundaciones en un proyecto de desarrollo urbano, con un impacto directo en la calidad de vida de las personas que pagan las obras. El proyecto del río Bogotá ofrece lecciones valiosas para el contexto internacional y latinoamericano. Un incremento relativamente pequeño del presupuesto puede convertir una instalación de canalización del agua pluvial en un área recreativa de paisaje donde los usuarios ejercerán control social, impidiendo a otros ciudadanos asentarse en la zona o usarla como un vertedero de basura. La recuperación de los humedales como zona de amortiguamiento contra las inundaciones puede convertirlos en zonas de conservación ambiental con usos recreativos. Puesto que tienen usos múltiples, estas inversiones beneficiarán a un mayor número de grupos interesados, los cuales, a su vez, estarán motivados para defenderlos y protegerlos. Las obras para el tratamiento

de las aguas residuales y el control de las inundaciones, con un presupuesto adicional pequeño, pueden agregar valor a las áreas donde están localizadas, promover la renovación urbana y mejorar la calidad de vida de los residentes del lugar.

Sin embargo, estos beneficios no se darán de manera inmediata. Un enfoque exitoso del tratamiento de las aguas residuales requiere la cooperación de todos los niveles de gobierno (nacional, regional y local) para garantizar tanto el financiamiento como la sostenibilidad de la infraestructura y su operación. Las instituciones externas, tales como los bancos de desarrollo, pueden ser cruciales para lograr el consenso respecto a las soluciones técnicas más apropiadas y los mecanismos de coordinación interinstitucional para el financiamiento, la construcción y la operación de esas soluciones. Un proceso de concientización social es también esencial para ganar el respaldo popular a las inversiones que han sido o deben ser realizadas. Las modificaciones por las que pasan los proyectos son resultado de los largos plazos que se necesitan para ejecutarlos, durante los cuales puede haber muchos y variados cambios de circunstancias.

Parece claro que las obras previstas en el proyecto para la recuperación ambiental del río Bogotá y el control de las inundaciones tienen un gran potencial para mejorar la calidad de vida y reducir los riesgos de salud pública, así como las pérdidas económicas y humanas ocasionadas por las inundaciones. La mejora de las condiciones urbanas para los sectores beneficiarios está teniendo un impacto positivo en Bogotá y la región circundante al aumentar su potencial para atraer inversiones. De esta forma, los proyectos de limpieza ambiental son 'buenos negocios' tanto para la economía como para la sociedad.

## Notas

- <sup>1</sup> En Bogotá, unos 50.000 hogares (o 2,3 por ciento del total) no tienen la titularidad de sus viviendas o las ocupan de hecho mediante la propiedad colectiva (SDP, 2011). El área metropolitana de Bogotá recibe el grueso de la población desplazada dentro del país y se prevé que continúe creciendo (ACNUR, 2012).
- <sup>2</sup> La cobertura de alcantarillado sanitario en las tres secciones de la cuenca es la siguiente: Cuenca Alta, ligeramente por encima del 65 por ciento; Cuenca Media, 75 por ciento; y Cuenca Baja, ligeramente por debajo del 50 por ciento.
- <sup>3</sup> Hay una caída de unos 2.000 metros en la confluencia del río Magdalena.
- <sup>4</sup> Los jarillones son muros de contención longitudinales construidos en el curso del río para el control de las inundaciones.
- <sup>5</sup> Las rondas son zonas de amortiguamiento en las llanuras inundables, que se extienden en franjas paralelas a ambos lados del cauce permanente y con una anchura de 15 a 30 metros a partir de la línea media anual del cauce.
- <sup>6</sup> Una alternativa que se ha considerado implicaría la construcción de interceptores para todas las aguas residuales de Bogotá, que serían vertidas en el río Bogotá, aguas abajo de la ciudad, donde recibirían tratamiento primario para tener el estándar de calidad requerido en la planta de agua potable de Tibitoc, con la consiguiente dependencia del impresionante potencial de oxigenación durante el descenso del río hacia el Magdalena.

## Referencias

- ACNUR (Agencia de las Naciones Unidas para los Refugiados en Colombia) (2012). Mapa interactivo, consultado el 10 de agosto de 2012: <http://www.acnur.org/t3/operaciones/situacion-colombia/mapainteractivo/>
- Banco Mundial (2010). *Project appraisal document on a proposed loan in the amount of US\$250 million to the Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca with a guarantee from the Republic of Colombia for a Río Bogotá Environmental Recuperation and Flood Control Project*, Departamento de Desarrollo Sostenible, Banco Mundial, Washington D.C.
- CAR (2009). *Adecuación hidráulica y recuperación ambiental del río Bogotá*, CAR Gestión Ambiental, Colombia, consultado el 1 de junio de 2014: [http://www.car.gov.co/recursos\\_user/Proyectos%20Especiales/RIO%20BOGOTA/Evaluacion%20Ambiental%20Volumen%20I.pdf](http://www.car.gov.co/recursos_user/Proyectos%20Especiales/RIO%20BOGOTA/Evaluacion%20Ambiental%20Volumen%20I.pdf)
- CAR (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca) (2014). Gestión de la calidad hídrica en la cuenca río Bogotá, CAR, Colombia, consultado el 24 de abril de 2014: [http://www.minambiente.gov.co/documentos/3799\\_170709\\_taller\\_rh\\_car\\_180909.pdf](http://www.minambiente.gov.co/documentos/3799_170709_taller_rh_car_180909.pdf)
- CAR (s.f.). *Proyectos especiales - Río Bogotá*, consultado el 16 de enero de 2014: [www.car.gov.co/index.php?idcategoria=10063](http://www.car.gov.co/index.php?idcategoria=10063)
- DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística de Colombia) (2012a). *Proyecciones de población*, DANE, Gobierno de Colombia, consultado el 10 de agosto de 2012: [www.dane.gov.co/index.php/poblacion-y-demografia/proyecciones-de-poblacion](http://www.dane.gov.co/index.php/poblacion-y-demografia/proyecciones-de-poblacion)
- DANE (2012b). *Registro de necesidades básicas insatisfechas* (RNBI - desagregados por cabecera, resto, municipio y nacional), DANE, Gobierno de Colombia, consultado el 16 de julio de 2012, [www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-sociales/necesidades-basicas-insatisfechas-nbi](http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-sociales/necesidades-basicas-insatisfechas-nbi)
- DNP (Departamento Nacional de Planeación República de Colombia) (2004). *Estrategia para el manejo ambiental del río Bogotá*, CONPES 3320, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Gobierno de Colombia, Colombia.
- SDP (2011). 21 Monografías de las localidades, Distrito Capital, Bogotá.
- SDP (2012). Información general de la ciudad de Bogotá, Distrito Capital, Bogotá, consultado el 28 de abril de 2014: [www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/ciudad](http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/ciudad)
- SDP (Secretaría Distrital de Planeación de Bogotá) (2013). Plano de amenaza de inundación por desbordamiento, Alcaldía Mayor de Bogotá, Colombia, consultado el 28 de abril de 2014: [www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/POT\\_2020/Documentos/04\\_Inundacion\\_V2\\_2013.pdf](http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/POT_2020/Documentos/04_Inundacion_V2_2013.pdf)
- SIRE (Sistema de Información para la Gestión de Riesgos y Atención de Emergencias de Bogotá) (2012). *Gestión de riesgos por inundación en Bogotá*, consultado el 25 de agosto de 2012: <http://www.sire.gov.co/portal/page/portal/sire/gestionRiesgo/Inundaciones>
- Velandia, E. (2006). Marco metodológico para la modelación hidráulica e hidrológica de crecientes en ríos. Caso río Bogotá, El Espino - Alicachín, tesis M.Sc., Universidad de Los Andes, Bogotá.

# 11 Protección y recuperación ambiental de las laderas del Pichincha en Quito, Ecuador

*Xavier Vidal*

*Lucía Burgos*

*Othón Zevallos*

## Introducción

Quito se encuentra en el flanco oriental del volcán Pichincha en Ecuador. El fuerte crecimiento poblacional de la ciudad está llevando a una expansión incontrolada de asentamientos en las empinadas laderas del volcán, incluyendo áreas vulnerables desde la perspectiva ambiental, como los bordes de las quebradas y las orillas de arroyos. Este patrón de invasión urbana ha conllevado la eliminación de la cobertura vegetal y la consecuente exposición de las laderas a la erosión ocasionada por el viento y el agua, la obstrucción de los cauces de los ríos y la pérdida de la biodiversidad y de los paisajes naturales.

La ocupación de las laderas en Quito debido a una mala gestión del medio ambiente urbano aumenta el riesgo de desastres naturales y es una situación que suele presentarse en áreas urbanas de América Latina. La Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS) ha desempeñado un papel importante en los esfuerzos desarrollados para mitigar los riesgos que plantea esta situación mediante obras de ingeniería, que son operadas y mantenidas junto con el Gobierno municipal. Al mismo tiempo, la comunidad ha tomado conciencia de su responsabilidad en el uso adecuado de esta infraestructura.

Este capítulo describe la implementación del plan integral de gestión para el drenaje urbano y los riesgos asociados, que fue lanzado en Quito hace casi 20 años para abordar los problemas ambientales y urbanos relacionados con el crecimiento de población, particularmente en las laderas montañosas de la ciudad. Además de ser un ejemplo de plan de gestión de riesgos exitoso, este caso muestra una nueva etapa en la política pública, en la que los esfuerzos de prevención están camino de ser institucionalizados eficazmente. El capítulo comienza considerando el contexto geográfico y el modelo de asentamiento humano de las laderas del Pichincha en Quito para centrarse después en los programas de protección y recuperación ambiental para esta área. Al final del capítulo, se presentan las principales lecciones aprendidas y las conclusiones.

## La geografía de Quito y el volcán Pichincha

La ciudad de Quito es la capital del Distrito Metropolitano de Quito y de la República de Ecuador. El área metropolitana tiene una población de 1,9 millones de personas (en 2013). En ella se encuentran las más importantes entidades gubernamentales, culturales y financieras y es un centro productivo fundamental. Quito se encuentra al pie de la cordillera de los Andes, en la ladera oriental del volcán Pichincha. La ciudad tienen 32 parroquias (distritos), que constituyen el área urbana consolidada y cubren aproximadamente 19.000 ha, dentro de un valle de 42 km de largo y 4,5 km de ancho, a una altitud que varía entre los 2.800 y los 3.200 metros por encima del nivel del mar.

Las precipitaciones promedio oscilan entre los 1.200 mm en las zonas urbanas llanas y los 1.500 mm en las partes más altas de la ciudad. El promedio de días de lluvia es de 177 al año. La temporada de lluvias va de enero a mayo; las mayores precipitaciones se dan en abril y representan cerca del 20 por ciento del total anual. En los periodos de lluvias más intensas, las precipitaciones pueden ser de 40 a 45 mm por hora. La temperatura promedio es de 14 grados centígrados (Zevallos, 1996).

Las faldas del macizo volcánico Pichincha-Atacazo contienen parte del sistema de drenaje natural del área, con 85 quebradas y cauces de arroyos que bajan desde los flancos del volcán a la ciudad, cruzan el área urbana y desembocan en los ríos Machángara, San Pedro y Monjas. El desnivel entre la cumbre del Rucu Pichincha (4.627 m) y la parte más baja de la ciudad (2.700 m) se produce en distancias que van de 1 a 10 km; en consecuencia, las pendientes son muy pronunciadas, entre el 30 y el 60 por ciento. Las lluvias intensas que caen en esas laderas, muy propicias a la erosión, producen flujos torrenciales que han excavado barrancos a profundidades de 10 a 30 m o incluso más (Zevallos, 1996).

La particular geografía de la ciudad, con sus colinas y quebradas, determina el uso de su suelo. En los últimos años, el crecimiento de población ha empujado los asentamientos hacia las laderas que rodean la ciudad (figura 11.1). Esta expansión se puede apreciar en la figura 11.2, la cual muestra el cambio de patrón en la ocupación del suelo de la ciudad entre 1535 y 2009. La ciudad está sujeta a amenazas resultantes de la actividad volcánica y sísmica, así como de la inestabilidad de las laderas de las montañas.

Las personas siempre han tendido a instalarse en las laderas de las montañas que rodean las ciudades. Esto es lo que ha ocurrido en las ciudades ecuatorianas, como Quito, Ambato, Portoviejo, Esmeraldas y Guayaquil, pero también en muchas otras ciudades de América del Sur, incluidas Caracas, Medellín y La Paz (Zevallos, 2009). Sin embargo, los asentamientos en las laderas son especialmente vulnerables a desastres asociados con el clima, el agua y la morfología. Peltre (1989) revisó los registros de Quito hasta 1989 e identificó incidentes morfoclimáticos ocurridos en 64 de las 85 quebradas que descienden las laderas occidentales de Quito. Los flancos orientales del Monte Pichincha son muy inclinados. La vegetación que cubre esas laderas alberga especies biológicas diversas que ayudan a conservar las condiciones favorables para el abastecimiento de agua de la ciudad, esencial para que siga siendo habitable (Secretaría del Ambiente, 2012).

**Figura 11.1**

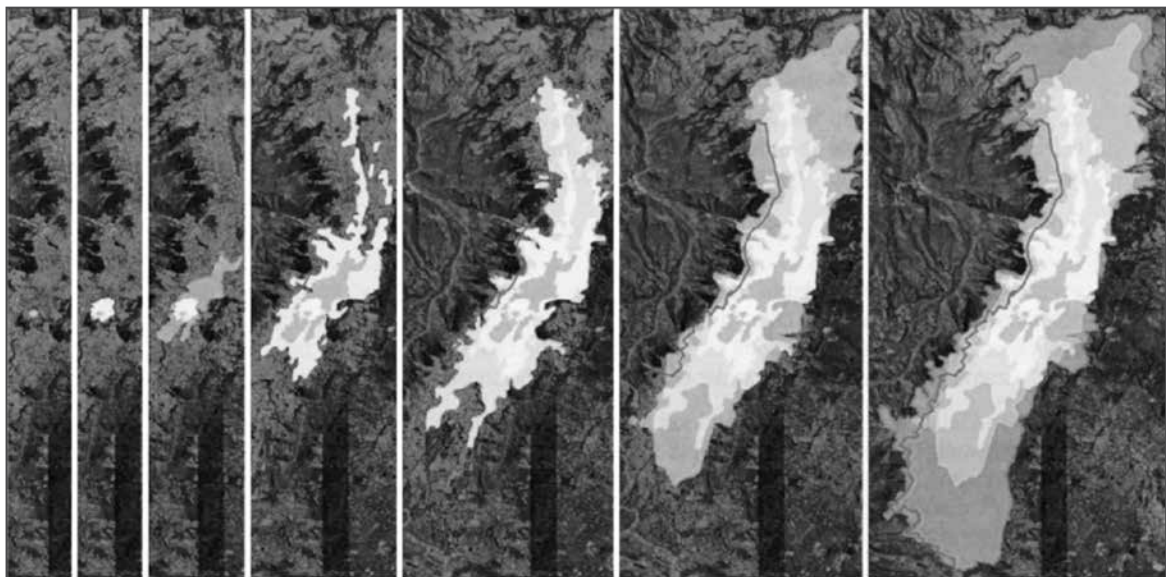
**Invasión urbana en las laderas del área central de Quito**



Fuente: Cortesía de la EPMAPS

**Figura 11.2**

**Expansión urbana de Quito, 1535-2009**



Nota: La imagen muestra la expansión urbana con el paso de los siglos. Este proceso incluye zonas empinadas convertidas en áreas urbanas

Fuente: Adaptado de la EPMAPS (2011)

La ocupación inadecuada de las laderas ha hecho que la ciudad sufra, con una frecuencia cada vez mayor, deslizamientos de sedimentos y escombros cuyo origen se encuentra en los altos valles y que descienden hacia las quebradas y los cauces de ríos que excavan las pronunciadas pendientes del volcán. Estos eventos se están agravando con las invasiones de asentamientos humanos y actividades mineras, forestales y agrícolas inapropiadas para las condiciones ambientales de las laderas. Los flancos orientales de los volcanes Pichincha y Atacazo que se alzan por encima de Quito son un ejemplo típico de riesgo creciente de desastre debido a la gestión inadecuada del ambiente urbano y la degradación de 'bienes comunes' como el suelo, el agua y el entorno (Zevallos, 1996).

## **Los asentamientos urbanos en las laderas del Pichincha**

### ***Contexto histórico***

Antes de que los españoles llegaran a Quito, las montañas eran iconos culturales de veneración y respeto (Del Pino y Marín de Terán, 2005). Los españoles, sin embargo, tenían una actitud diferente respecto a las montañas, que fueron percibidas únicamente como una fuente de material (rocas, agua y árboles) con el cual construir la ciudad. Cuando las montañas comenzaron a ser vistas como obstáculos a la expansión de la ciudad, se ocuparon las laderas y cauces de las quebradas de intervención. Este enfoque ha persistido hasta hoy, pese a que hay evidencias de que el confinamiento de estas áreas y su ocupación inadecuada resulta durante la temporada de lluvias en deslaves frecuentes que interrumpen el tráfico de la ciudad, afectan a los negocios y causan daños materiales e incluso pérdidas de vidas humanas –por no hablar del tiempo adicional que los ciudadanos necesitan para realizar sus actividades diarias en tales condiciones.

En la década de 1970, la ocupación de las laderas se intensificó como resultado del auge petrolero. Este auge ejerció una gran presión sobre el suelo urbano de Quito y Guayaquil, que se convirtieron en centros de referencia del crecimiento y el desarrollo, y atrajeron a olas migratorias procedentes de las zonas rurales, especialmente de la sierra central (Unda, 1998). La expansión del norte de Quito ha estado caracterizada por un proceso constante de invasión de las laderas. El centro histórico de Quito ha experimentado la expansión de los asentamientos 'informales', mientras que la parte sur de la ciudad ha pasado por un cambio significativo del uso del suelo, con grandes extensiones de tierras agrícolas sacrificadas a favor de la expansión urbana.

Modos de vida urbanos, semiurbanos y rurales coexisten en las faldas del Pichincha. Debido a la variedad de orígenes y culturas de la población que vive allí, es preciso conocer los diferentes modos de vida para trabajar con estas personas y reconocer que no perciben los usos del suelo y la distribución del espacio de la misma manera. Como consecuencia de lo anterior, no puede haber un modelo de gestión o una estrategia de trabajo únicos para todos estos grupos de población. Lo que se necesita, más bien, es tener en cuenta todos los factores para proponer un futuro común –una agenda basada en el consenso, en la que la gestión del riesgo se centre en el uso, control y conservación de las laderas conforme a las características y la adecuación de sus suelos.

### ***Principales amenazas y desafíos***

Las laderas están expuestas a tres tipos de amenaza: geomorfológicas, climáticas y antrópicas. Las amenazas *geomorfológicas* están relacionadas con la formación y estructura geológica, los niveles de estratificación, las fallas y fracturas naturales,



la erosión, las pendientes y el relieve, la actividad sísmica, volcánica y tectónica, y el fracturamiento (MDMQ, 2010). Las amenazas de tipo *climático* han estado vinculadas a eventos lluviosos extremos que contribuyen y refuerzan la acción generada por las amenazas geomorfológicas, como detalla el estudio de Peltre (1989). Zevallos (2009) descubrió que, entre 1900 y 1999, hubo 465 desastres hidrogeomorfoclimáticos de diferente magnitud que afectaron a Quito y causaron grandes pérdidas materiales y económicas. Jiménez (2011) mostró que de los 272 accidentes y desastres naturales que golpearon La Paz, Lima y Quito entre 1970 y 2007, el 79 por ciento fueron causados por fenómenos hidrogeomorfológicos. Factores *antrópicos* (causados por el ser humano) que constituyen amenazas para las laderas incluyen la expansión de asentamientos ilegales, la explotación de canteras, la disposición inadecuada de residuos sólidos y escombros, la deforestación y la reforestación con especies inapropiadas (no adecuadas para las laderas) que han causado cambios en las condiciones de humedad del suelo. La ocupación urbana de las laderas ha tenido como consecuencia la obstrucción de las vías de drenaje existentes (Zevallos, 2009). Se estima que cada año desaparecen 100 ha de cobertura vegetal por la invasión urbana (Zevallos, 2009). La urbanización pone en situación de riesgo a muchos habitantes urbanos (figura 11.3).

Los deslizamientos de tierra han aumentado de manera dramática en los últimos años. Desde 1902 a 1998, Quito registró 34 deslizamientos como resultado de largos periodos de lluvia. Éstas causaron inundaciones en las calles y pusieron a viviendas y edificios patrimoniales en peligro de colapso al liberar rocas y barro. Además, causaron numerosas pérdidas de vidas humanas y de propiedades (Peltre, 1989). En los 20 años transcurridos entre 1990 y 2009, se registraron 426 incidentes en las laderas orientales del volcán Pichincha –en promedio 21 por año.

Las laderas y quebradas del macizo del Pichincha y el Atacazo presentan un patrón de desarrollo urbano desordenado y cambios en el uso del suelo. Áreas extensas de importancia ecológica han sido convertidas en tierras para actividades agrícolas y ganaderas que producen contaminación por el uso de pesticidas. El suelo sufre cambios en términos de permeabilidad y tiene menos tiempo para recuperarse, y son evidentes los fenómenos de aislamiento y compactación. Estos impactos se dan al responder a las crecientes demandas del mercado agrícola local. Por otra parte, la ocupación ilegal de las laderas del Pichincha ha sido promovida por traficantes de tierras que alientan su invasión con el lema de ‘tierra para los pobres’. La subdivisión de propiedades obtenidas por herencia es otro factor importante que alienta la densificación de las viviendas y la ocupación ilegal de zonas naturales ya que así aumenta el número de espacios para nuevos moradores.

En las laderas del sur de Quito, el principal mecanismo de la expansión urbana informal son las comunas. Estas comunas edifican viviendas que ocupan las zonas de amortiguamiento de las quebradas, independientemente de las especificaciones técnicas mínimas de construcción (Zevallos, 2009). Para aumentar las áreas disponibles para la construcción, rellenan los cauces naturales de agua sin considerar el impacto hidrológico de esa intervención. La situación empeora aún más cuando el Municipio es poco diligente en su control sobre el uso de la tierra y cuando sus catastros necesitan una actualización constante.

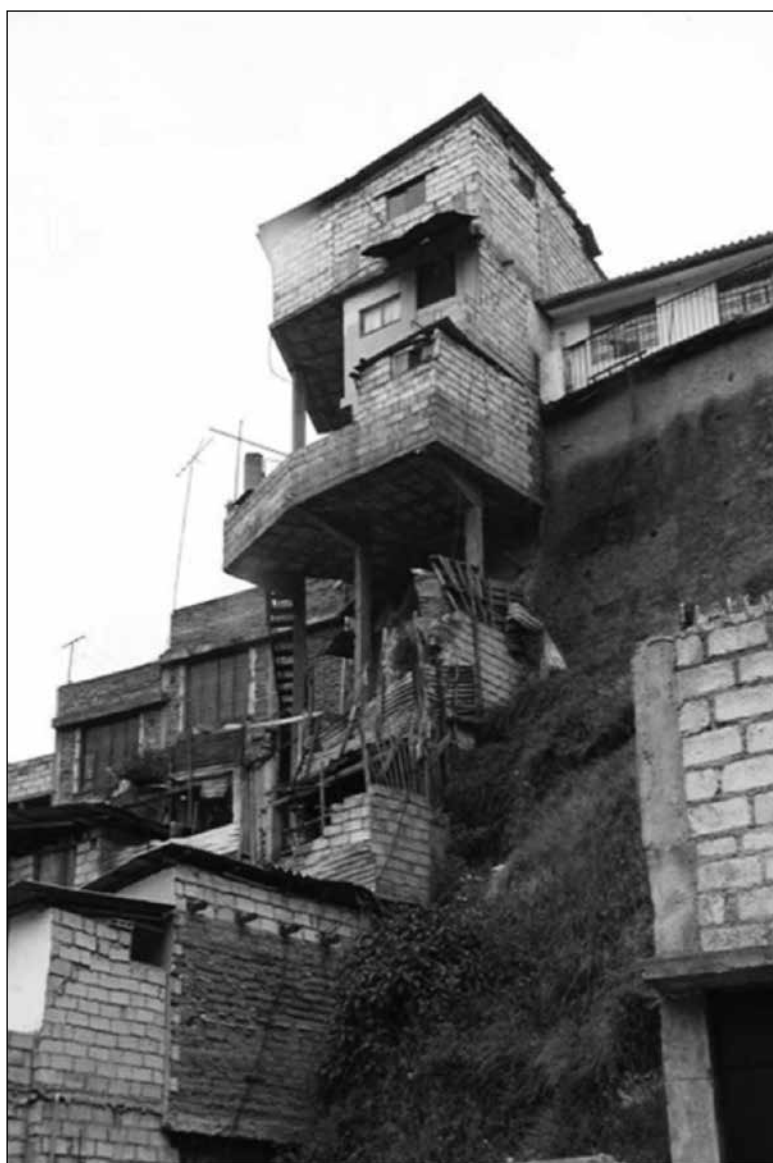
La expansión urbana desordenada y las condiciones topográficas de las laderas complican la entrega de servicios de agua y saneamiento por la EPMAPS. La situación es igual de complicada, o quizás peor, en lo que respecta a la limpieza de las calles y la recolección de la basura, realizada por la compañía municipal Empresa Pública Metropolitana de Aseo (EPMASEO). Los camiones de basura difícilmente pueden circular por las calles estrechas y no tienen acceso alguno a muchas viviendas a las que solo se puede llegar por escaleras o escalinatas. La recolección manual por

equipos dotados con carretillas también es problemática ya que el transporte por las empinadas laderas requiere un mayor esfuerzo físico, con un descenso concomitante en la productividad laboral. Puesto que la recolección de basura es tan difícil y, en consecuencia, irregular o inexistente, algunos residentes de las laderas no tienen otra alternativa que verter sus desechos en las laderas y quebradas.

Generalmente, la población que reside en las viviendas de las laderas construye sus propios desagües para la disposición de aguas residuales, evacuándolas hacia las laderas y cauces de las quebradas. Esto lleva al deterioro de la calidad del agua superficial, la desestabilización de las laderas al modificar la humedad del suelo y a daños a la calidad ambiental de los espacios verdes contiguos. Tradicionalmente, las laderas eran una atracción turística por las vistas que ofrecían sobre la ciudad y sus alrededores, pero la contaminación ha comprometido seriamente el atractivo panorámico y convertido algunas áreas en zonas con una alta criminalidad.

### **Figura 11.3**

#### **Vivienda en riesgo de colapso en la parte más baja de la quebrada El Tejar**



Fuente: PSA (2006)

## La protección y recuperación ambiental de las laderas del Pichincha

La EPMAPS ha tenido que afrontar deslizamientos de tierras en las laderas del Pichincha que han dañado y obstruido estructuras locales de entrada y conducción de agua, reduciendo así la capacidad de la ciudad para captar y transportar el recurso. A esta situación se debe añadir el aumento de los niveles de los cauces en las temporadas con lluvias intensas, que llevan a inundaciones generalizadas, y sus consecuencias, incluido el bloqueo de alcantarillas y la inundación de viviendas, calles, calzadas e infraestructura urbana en general. Este es el contexto del Programa de Protección de las Laderas del Pichincha y Programa de Saneamiento Ambiental (PSA).

En 1996, la Municipalidad del Distrito Metropolitano de Quito (MDMQ) dio instrucciones a la EPMAPS para que coordinara las acciones necesarias para mitigar las consecuencias de los desafíos descritos anteriormente. La EPMAPS diseñó entonces planes y proyectos prioritarios para garantizar la disponibilidad de agua potable en Quito, limpiar los ríos de la ciudad, reducir las pérdidas de agua y el consumo, adaptarse al cambio climático, integrar la gestión de las laderas del macizo del Pichincha y el Atacazo, gestionar y controlar las inundaciones y optimizar el drenaje urbano.

Por tanto, desde 1996, la EPMAPS ha sido responsable de la protección y recuperación de las laderas y los cursos de agua en la parte baja de las faldas de los volcanes Pichincha y Atacazo con el fin de reducir el riesgo de inundaciones y deslaves; disminuir los costos de operación y mantenimiento de los sistemas recolectores e inculcar una cultura consistente con el bienestar de la comunidad (Aguinagua y Paucar, 2011). Las intervenciones realizadas por la EPMAPS tienen los siguientes objetivos:

- Proteger los sistemas de drenaje natural mediante una adecuada planificación urbana y la introducción de estrategias de conservación y protección de los ríos.
- Instalar sistemas de evacuación de aguas pluviales que sean sostenibles en el largo plazo
- Minimizar los riesgos y los daños a propiedades privadas y públicas causados por las inundaciones, los deslizamientos y las descargas de lodo y escombros.
- Mantener entornos urbanos y naturales placenteros para que las personas puedan disfrutar de los panoramas montañosos.
- Fortalecer el tejido social en las laderas mediante la capacitación y el apoyo a la gestión de las autoridades administrativas locales (de distrito).

El programa de control de las inundaciones incorpora los proyectos que optimizarán la capacidad de drenaje pluvial. El enfoque adoptado es tanto integral como socialmente inclusivo. Las actividades de la EPMAPS no están limitadas a intervenciones estructurales (obras de control del agua) sino que también incluyen medidas complementarias como:

- Construcción de obras para recuperar espacios públicos que ayudarán a resolver la falta de áreas recreativas para niños y adultos.
- Realización de campañas de educación ambiental y cívicas.
- Construcción de infraestructura para mejorar los desplazamientos peatonales y vehiculares en las quebradas y los cauces.

- Señalización física de los límites urbanos a fin de evitar la expansión urbana en zonas no aptas por su alta vulnerabilidad.
- Fortalecimiento institucional mediante la creación de la Comisaría de Laderas para prevenir el uso inadecuado de la tierra en esas zonas.
- Creación de reservas naturales en cauces de quebradas como una medida de mitigación *in situ* para alentar el uso pasivo del suelo en zonas frágiles.
- Reubicación de las familias en situación de riesgo en casos donde la única alternativa sea demoler los edificios.
- Preparación de un plan de gestión integral para las laderas del Pichincha y el Atacazo, con la designación de la zona como patrimonio natural de la ciudad.
- Fomentar las capacidades municipales mediante la formación de las Administraciones locales del Distrito Metropolitano de Quito.

Respecto a la inclusión social, la EPMAPS ha desarrollado algunas metodologías participativas. La empresa ha conseguido con éxito la participación, en todo el ciclo de sus proyectos, de las principales instituciones y partes interesadas en la mayoría de sus intervenciones en laderas y quebradas. Reconociendo que todas las instituciones municipales deben estar involucradas en la gestión de las laderas, la EPMAPS ha llevado a cabo actividades de formación para compartir sus metodologías, en particular aquellas relacionadas con la gestión del riesgo, y las metodologías que están siendo aplicadas actualmente por las entidades en cada una de las Administraciones de Distrito de la ciudad.

### ***Financiamiento del programa***

Los fondos asignados a las obras y actividades para la protección y recuperación ambiental de las laderas del Pichincha proceden principalmente de préstamos concedidos a la MDMQ por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), con fondos adicionales del gobierno local y de la propia EPMAPS. Los tres programas financiados por el BID están resumidos en el cuadro 11.1.

## **Los programas de las laderas del Pichincha**

### ***Programa de protección de las laderas del Pichincha***

La primera etapa de las obras de recuperación de las laderas del macizo del Pichincha-Atacazo, en la parte occidental de Quito, tuvo lugar entre 1996 y 2002. La inversión total fue de 30 millones de dólares, de los cuales 25 millones fueron prestados por el BID y los 5 millones de dólares restantes fue una contribución local. La población beneficiaria fue de aproximadamente 100.000 personas. El foco de atención estuvo entre la quebrada El Rancho en la zona norte hasta la quebrada de San Juan en la zona centro sur occidental, en su parte noroccidental, que comprende un área natural de 5.000 ha y un área urbana de 2.000 ha. El programa incluyó obras de ingeniería y el fortalecimiento institucional con las siguientes actividades:

- Obras civiles para la protección de los cauces de los ríos.
- Creación de la Comisaría de Laderas para controlar el uso y la ocupación de las laderas.
- Trabajos con la comunidad mediante el proyecto “Fortalecimiento de la autogestión comunitaria en los asentamientos informales de Ecuador”.

**Cuadro 11.1**  
**Inversiones en las laderas del Pichincha, 1996-2014**

Programa	Zonas de intervención	Área (ha)	Proyecto	Periodo	Total del programa (millones de USD <sup>a</sup> )	Inversión en proyectos de acondicionamiento ambiental (millones de USD)
Protección de las laderas del Pichincha	Laderas del noroeste	7.000	EC143 935/ OC-EC	1996-2002	30,0 (25,0)	30,0
Saneamiento ambiental Fase I	Laderas del centro-oeste	3.600	EC0200 1424/ OC-EC	2002-2006	53,3 (40,0)	9,4
Saneamiento ambiental Fase II	Laderas del este y el oeste	6.500	EC-L1022 1802/ OC-EC	2007-2014	112,8 (67,1)	12,0

Nota a: Las inversiones mediante préstamos del BID aparecen entre paréntesis  
 Fuente: Acuerdos de préstamo firmados entre la EPMAPS y el BID en los años mencionados

### **Programa de Saneamiento Ambiental, Fase 1**

Los objetivos de este programa eran reducir las incidencias de inundaciones, los aludes de lodo y deslizamientos de tierra, ampliar los servicios de agua y saneamiento en áreas prioritarias, y fortalecer la capacidad institucional para una gestión eficiente de los servicios. Al diseñar los componentes de gestión de las laderas y control de las inundaciones, se prestó la atención debida a las lecciones aprendidas del Programa de protección de las laderas del Pichincha, que concluyó en 2002.

La primera fase del programa implicó la construcción de obras de regulación hídrica, complementadas con obras de estabilización ambiental en las quebradas y la recuperación de espacios a cielo abierto. Estas obras debían permitir a la población local desplazarse con mayor libertad, disfrutar de espacios verdes y áreas recreativas, y tener una mayor seguridad personal y de sus propiedades (figura 11.4). Del lado institucional, se tomaron nuevas medidas para coordinar y fortalecer las instituciones municipales, impulsando su capacidad para gestionar la conservación y el uso del suelo en las laderas (con capacitación al personal técnico de estas instituciones) y aclarando el papel de cada entidad de cara a garantizar una gestión adecuada de la tierra. Se estableció que era necesario reforzar la comunicación con los beneficiarios de las obras para asegurar que la comunidad conociera por completo sus derechos y obligaciones.

#### **Figura 11.4**

#### **Puentes y obras de acondicionamiento ambiental, quebrada El Tejar**



Fuente: Cortesía de la EPMAPS

La fase I adoptó un enfoque que era al mismo tiempo integral y socialmente inclusivo, y que consideraba las diferentes visiones en todo el ciclo de cada proyecto, especialmente aquellas orientadas a la recuperación de los espacios públicos. Las evaluaciones de diagnóstico y los diseños de los proyectos fueron analizados con la comunidad, explicando cómo las alternativas podían responder a las necesidades

planteadas por la población local. Este proceso consultivo continuó durante las fases de diseño final, fase precontractual y contractual (construcción). Durante esta última fase, la población se organizó con frecuencia en equipos de trabajo voluntario (mingas<sup>1</sup>) para limpiar las laderas y cauces de las quebradas de intervención. Como parte de las actividades de difusión social, se celebraron reuniones públicas durante la construcción para informar de los avances, mostrar que había una rendición de cuentas, resolver disputas relacionadas con las obras y establecer acuerdos para la supervisión del trabajo hasta su finalización.

La inversión total de la primera fase fue de 53,3 millones de dólares, de los cuales 40 millones estuvieron financiados por el BID y 13 millones fueron una aportación local. La zona del proyecto cubría un área natural de 2.400 ha y un área urbana de 1.200 ha. La inversión en obras y proyectos desarrollados bajo el componente de gestión de las laderas ascendió a 9,4 millones de dólares. La fase I del programa fue realizada en varias quebradas, todas ellas adyacentes a la zona del centro histórico de la ciudad y su patrimonio cultural. Esta fase incluyó obras para la regulación del agua, tales como diques, la expansión y renovación de colectores, la estabilización de laderas y otros trabajos de estabilización ambiental, pozos de disipadores de energía, canales de desvío y el diseño y la implementación de un plan de reasentamiento de familias. La fase I llegó a aproximadamente 450 beneficiarios, de los cuales 100 eran residentes de las laderas.

Los dueños y ocupantes de las propiedades adyacentes a las quebradas afectadas fueron invitados a una sesión informativa en la que se les explicaron actividades de mitigación de riesgos y se les pidió que despejen de edificaciones los bordes de las quebradas intervenidas por el PSA, Fase I y limpiaran el área para evitar la sobrecarga de las laderas. Las negociaciones que siguieron fueron difíciles, necesitaron tiempo y tuvieron como resultado medidas de mitigación *in situ* aplicadas a 92 de las 146 viviendas en situación de riesgo. Estas medidas de mitigación consistieron en la limpieza de cauces y despeje del talud de sobrecarga causada por edificaciones menores existentes en este espacio, la colocación de tuberías para canalizar las aguas residuales y las escorrentías pluviales hacia el sistema de alcantarillado, la impermeabilización de las áreas consideradas como muy vulnerables y la colocación de vallas metálicas alrededor de las propiedades privadas. Cuando fue factible, se realizaron obras de paisajismo para guardar armonía con la recuperación de las quebradas.

El objetivo era mantener al mínimo la necesidad de reasentar a las familias, pero en los casos en los que no era factible la mitigación del riesgo *in situ*, las propiedades fueron expropiadas mediante un proceso que implicó tres tipos de evaluación: técnica, social y legal.

- La evaluación técnica valoró las vulnerabilidades ambientales y físicas de las estructuras localizadas en las márgenes y cauces de las quebradas para reducir sus vulnerabilidades.
- La evaluación social consideró varias dimensiones que fueron resumidas siguiendo el Índice de Vulnerabilidad Social.
- La evaluación legal examinó el tipo de título de propiedad o tenencia del suelo presentado por los habitantes para determinar si la propiedad podía ser expropiada.

Para la gestión de los residuos sólidos, el PSA, Fase I impulsó el estudio de los modelos de gestión adecuados a las zonas de difícil acceso, tales como escalinatas y pasajes, y con esto apoyó a la Empresa de Aseo de Quito. El estudio encontró que aproximadamente el 40 por ciento de los desechos domésticos producidos por la

población residente en las laderas eran depositados en las quebradas (Fulco, 2005). Se hizo un diagnóstico participativo inicial del que surgieron diferentes propuestas, de las cuales fueron implementadas las siguientes: la recalibración y optimización de las rutas de recolección de basura en la zona del proyecto intervenida durante el desarrollo del PSA, Fase I el establecimiento de una microempresa para el barrido y limpieza de las calles, que después fue absorbida por la EPMASEO, y una campaña de educación en apoyo a la gestión de los residuos sólidos.

### ***Programa de Saneamiento Ambiental, Fase II***

La segunda fase del Programa de Saneamiento Ambiental fue lanzada a finales de 2007 y concluyó en diciembre del 2014. Esta fase mantiene los objetivos y el planteamiento de la primera fase. La inversión total en el programa es de 112,8 millones de dólares, incluidos 67,1 millones del BID y 45,7 millones de aportación local. Un total de 12 millones de dólares han sido invertidos en proyectos de gestión de las laderas y el acondicionamiento y restauración de los espacios públicos (figura 11.5).

El PSA, Fase II incluía la preparación de un Plan de Gestión Ambiental y Social, el cual era evaluado dos veces al año. El plan apela por un acuerdo de cooperación del Municipio y las siguientes instancias: Secretarías, Empresas, Administraciones Zonales y Direcciones para con la EPMAPS, con el objetivo de brindar sostenibilidad a las inversiones realizadas en el marco de la ejecución del Contrato de Préstamo 1802/OC-EC. Durante la realización de estas obras, la metodología de intervención social fue aplicada y permitió que los beneficiarios de los estudios y obras, es decir de la inversión, consideren sus aspiraciones, se apropien del buen uso de los espacios recuperados y conozcan la funcionalidad de las obras para garantizar la sostenibilidad social de las mismas. Esta metodología también proporciona una forma de manejar y resolver las disputas.

La capacitación ha desempeñado un papel central en el programa. Primero, se ofreció formación a unos 900 habitantes del corredor Pichincha-Atacazo, que está localizado en la zona de transición entre los límites urbanos y naturales, con el objetivo de que la comunidad fuera consciente del uso apropiado de la tierra, del impacto negativo de los cambios en el uso del suelo en las pendientes pronunciadas, del enriquecimiento del suelo en las laderas y la necesidad de rotar los cultivos. Después, se ofreció entrenamiento a 2.900 residentes de las laderas para mejorar el reciclado de desechos y optimizar el sistema de recolección existente. En este caso, el alcance del apoyo es mayor y se ha determinado una línea de base para analizar el comportamiento, las percepciones y las actitudes de la comunidad con respecto a la gestión y disposición de residuos. La intención fue proponer modelos de gestión integral para los cauces, bordes y laderas de intervención del PSA. Se espera que los individuos que han recibido capacitación actúen como gestores ambientales en el manejo de los residuos sólidos y en la operación de sitios de depósito temporales. En agosto de 2012, como parte de un acuerdo de cooperación con la Universidad de California en Berkeley, se celebró un taller en Quito para desarrollar una propuesta para la mejora general de las orillas y las márgenes de la Quebrada Ortega. El evento incluyó a profesores y estudiantes de la Universidad de California y de dos universidades locales, así como personal técnico de EPMAPS. La propuesta aborda i) la mejora del paisaje; ii) la descontaminación del agua; iii) la mitigación de los riesgos hidrodinámicos; iv) la mitigación de los riesgos geotécnicos; y v) la participación activa de la comunidad. Esta propuesta piloto tiene en cuenta la experiencia del PSA en la restauración de las quebradas, las lecciones aprendidas y la posibilidad de mejorar las intervenciones futuras.



**Institucionalización de los programas de protección de las laderas**

Un informe sobre gestión municipal para la reducción del riesgo y la preparación para emergencias (PNUD, 2007), que expone las acciones llevadas a cabo por EPMAPS, indica que esta entidad ha contribuido a la prevención y mitigación de riesgos y, en consecuencia, a crear una visión integral de la gestión del riesgo. Mediante su trabajo en las laderas del Pichincha, la EPMAPS ha desempeñado un importante papel en la reducción de las vulnerabilidades en un área que alberga al menos 300.000 personas. Desde 2006, el desafío ha sido institucionalizar las iniciativas, especialmente aquellas que no están relacionadas directamente con la misión y la visión de la EPMAPS. Entre los logros en este terreno, están los siguientes:

- En 2009, la Metodología de Evaluación de Riesgos (se puede ver la explicación más adelante) fue compartida con la Secretaría de Seguridad y Gobernabilidad,<sup>2</sup> que la adoptó y está utilizándola en la actualidad. Dentro de EPMAPS se estableció un Sector de Responsabilidad Ambiental encargado de gestionar las laderas consideradas en la misión y la visión de EPMAPS.

**Figura 11.5**

**Ejemplo de acondicionamiento ambiental, quebrada Navarro**



Fuente: PSA (2012)

- En 2010, la Empresa Pública Metropolitana de Hábitat y Vivienda, que es parte de la MDMQ, adoptó un enfoque de trabajo con las familias y de apoyo a las mismas antes, durante y después del reasentamiento.
- En 2012, la EPMAPS traspasó de manera ordenada a la Secretaría de Medio Ambiente, en especial a la División del Patrimonio Natural, la información disponible y los estudios realizados para poner en marcha las actividades planeadas.

La Metodología de Evaluación del Riesgo preparada y aplicada a los proyectos de protección de las laderas por el PSA ha sido adaptada por la Secretaría de Seguridad y Gobernabilidad de la Alcaldía del distrito metropolitano de Quito. Cada administración de distrito tiene ahora una unidad de gestión del riesgo que la utiliza. Unos 50 agentes de las administraciones del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) han sido capacitados en esta metodología y ya la han aplicado con éxito para abordar los problemas que surgieron en la temporada de lluvias de 2011.

## Conclusiones

En la ciudad de Quito, el flanco oriental del macizo volcánico del Pichincha y del Atacazo es un caso típico de aumento del riesgo de desastre por la invasión incontrolada de asentamientos en zonas montañosas que son inestables desde el punto de vista hidrogeomorfológico. En este escenario natural inestable, la frecuencia de inundaciones y deslizamientos de tierras aumenta por la ocupación caótica del suelo, la construcción de viviendas sin tener en cuenta los estándares mínimos de construcción y el relleno de quebradas para ampliar el área disponible para construcción mediante obras que reducen su capacidad para llevar agua. La situación se ve exacerbada por una mala gestión de los residuos sólidos, que son vertidos en las quebradas, y la disposición de las aguas residuales en las calles y los barrancos.

Desde 1996, el MDMQ asignó a EPMAPS la adopción de las medidas necesarias para proteger e iniciar la restauración ambiental de las laderas, con la ayuda de tres préstamos del BID. El financiamiento aportado por estos préstamos permitió la realización de obras de ingeniería para mitigar los efectos de las inundaciones y deslizamientos de tierras; la creación de la Comisaría de Laderas; el fortalecimiento de la gestión municipal en los aspectos relativos a la planificación urbana y periférica, el uso del suelo y el desarrollo comunitario; la relocalización de las familias que vivían en las zonas de alto riesgo; la restauración y reforestación de las quebradas para incorporarlas a las áreas verdes urbanas; la propuesta de una Agencia de Gestión de las Laderas y un plan para gestionar el ambiente físico, así como estudios para mejorar la información técnica disponible sobre las laderas.

Durante la ejecución del tercer préstamo, la EPMAPS dedicó parte de sus esfuerzos a institucionalizar las actividades en curso para garantizar la sostenibilidad del conjunto del proyecto. La EPMAPS ha conservado una plena responsabilidad sobre estas actividades, que son coherentes con su misión y su visión. Gracias a estos logros, Quito ha reducido sus riesgos ambientales.

Entre las lecciones que se han aprendido del proyecto están las siguientes:

- Para resolver los problemas vinculados con el ciclo hidrológico urbano y garantizar la sostenibilidad del ciclo, se deben planear e implementar soluciones con la participación plena de todas las entidades involucradas en la provisión de servicios urbanos y las comunidades beneficiarias.
- La construcción de obras de ingeniería *per se* no es suficiente para resolver los problemas. Esas obras deben llevar a la incorporación de los espacios que ofrecen oportunidades recreativas para los habitantes locales que se verán así como los propios custodios de las obras y del ambiente restaurado.
- La ejecución del proyecto es una labor continua. Las instituciones responsables del proyecto deben fortalecer su capacidad para mantenerlo y ampliarlo.

## Notas

- <sup>1</sup> La minga es una forma tradicional de organizar el trabajo comunitario que persiste en los vecindarios de bajos ingresos de las ciudades de Ecuador. Su origen está en las prácticas de reciprocidad y solidaridad que permite la redistribución de la riqueza en las comunidades indígenas. Constituye un espacio para la interacción social.
- <sup>2</sup> Las Secretarías son los ministerios del gobierno local. Éstas tienen departamentos operacionales en la Administración del Distrito, que son unidades municipales descentralizadas para la administración local.

## Referencias

- Aguinagua, V. y Paucar, S. (2011). "Propuesta de un plan de comunicación corporativa para la empresa pública metropolitana de agua potable y saneamiento (EPMAPS), con el fin de incrementar las visitas a la quebrada Jerusalén, ubicada en el sector centro de la ciudad de Quito", tesis, Universidad de Las Américas, Quito.
- Del Pino, I. y Marín de Terán, L. (2005). *Algunas reflexiones sobre el Ecuador prehispánico y la ciudad inca de Quito*, Consejería de Fomento y Vivienda, Andalucía, España.
- EPMAPS (Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento) (2011). *En las faldas inmensas de un monte...*, EPMAPS, Quito.
- Fulco, L. (2005). "Evaluación técnica, institucional, ambiental, social y económica de alternativas de modelos de gestión para el manejo de desechos sólidos en las áreas comprendidas entre las Quebradas el Tejar y la Raya Sur", informe sin publicar, Quito.
- Jiménez, E. (2011). "Concepciones hacia un sistema de gestión comunitaria del riesgo en las laderas suroccidentales del Distrito Metropolitano de Quito", MSc, tesis, École Polytechnique Nationale, Université de Nice-Sophia Antipolis, Niza, Francia.
- MDMQ (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito) (2010). *Atlas de amenazas naturales en el Distrito Metropolitano de Quito*, Distrito Metropolitano de Quito, Quito, Ecuador
- Peltre, P. (1989). *Estudios de Geografía Volumen 2: Riesgos Naturales en Quito - Lahares, aluviones y derrumbes del Pichincha y del Cotopaxi*, Corporación Editora Nacional, Quito, consultado el 29 de marzo de 2014 [http://sthv.quito.gob.ec/spirales/3\\_publicaciones/libros/Quebradas\\_y\\_riesgos\\_naturales.pdf](http://sthv.quito.gob.ec/spirales/3_publicaciones/libros/Quebradas_y_riesgos_naturales.pdf)
- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo) (2007). *Catálogo de instrumentos en gestión municipal para la reducción de riesgos y preparativos para emergencias*, PNUD, La Paz.
- PSA (Programa de Saneamiento Ambiental de Quito) (2006). Archivo fotográfico del año 2006, Programa de Saneamiento Ambiental, Quito.
- PSA (2012). *Archivo fotográfico del año 2012*, Programa de Saneamiento Ambiental de Quito.

- Secretaría del Ambiente (2012). "Agenda ambiental municipio del Distrito Metropolitano de Quito 2011-2016", consultado el 29 de marzo de 2014, [http://institutodelaciudad.com.ec/attachments/article/55/agenda\\_ambiental\\_rev\\_final%208-02-2012.pdf](http://institutodelaciudad.com.ec/attachments/article/55/agenda_ambiental_rev_final%208-02-2012.pdf)
- Unda, M. (1998). *Vida en las laderas*, Centro de Investigaciones CIUDAD, Quito, consultado el 24 de marzo de 2014, [www.flacsoandes.org/biblio/catalog/resGet.php?resId=47867](http://www.flacsoandes.org/biblio/catalog/resGet.php?resId=47867)
- Zevallos, O. (1996). "Ocupación de laderas: incremento del riesgo por degradación ambiental urbana en Quito, Ecuador", en M. A. Fernández (ed.), *Ciudades en riesgo - degradación ambiental, riesgos urbanos y desastres*, Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina, Limón, Costa Rica, consultado el 29 de marzo de 2013: [http://www.desenredando.org/public/libros/1996/cer/CER\\_Intro\\_ene-7-2003.pdf](http://www.desenredando.org/public/libros/1996/cer/CER_Intro_ene-7-2003.pdf)
- Zevallos, O. (2009). "Degradación, vulnerabilidad y riesgo hidromeomorfoclimático en áreas urbanas de laderas", en J. Erazo (ed.), *Inter/Secciones urbanas: Origen y contexto en América Latina*, Sede de Flacso en Ecuador y Ministerio de Cultura del Ecuador, consultado el 29 de marzo de 2014: [http://works.bepress.com/cgi/viewcontent.cgi?article=1009&context=jaime\\_erazoespinoza](http://works.bepress.com/cgi/viewcontent.cgi?article=1009&context=jaime_erazoespinoza)

# 12 La gestión de los recursos hídricos y la adaptación al clima en la cuenca del río Grande, Argentina

Un caso de estudio que presenta el sistema de simulación Hydro-BID

*Fernando Miralles-Wilhelm*

*Eugene Brantly*

*Marcelo Borsellino*

*Edgardo Castellano*

*Robert Dykes*

*Fekadu Moreda*

*Raúl Muñoz-Castillo*

*Jay Rineer*

*Bill Wheaton*

*Alan Wyatt*

## Introducción

En los últimos 30 años, las ciudades de América Latina han registrado un incremento del número y la intensidad de eventos climáticos como El Niño-Oscilación del Sur, que han causado precipitaciones récord en Venezuela (1999 y 2005); inundaciones en las pampas argentinas (2000 y 2002); sequías en la cuenca amazónica (2005), el Caribe (2009-2010), México (2011-2012) y Argentina (2011); y temporadas consecutivas con récord de huracanes en el Atlántico Sur (2004, 2005). Los impactos del cambio climático varían en la región y continuarán haciéndolo, como indica el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) (Magrin *et al.*, 2007).

El cambio en los patrones de lluvias en toda América Latina producirá precipitaciones más intensas en algunas áreas y sequías en otras. Lluvias más frecuentes y violentas dañarán la infraestructura y ejercerán presión sobre los sistemas de drenaje en algunos lugares mientras que, en otros, una menor cantidad de lluvia aumentará el estrés sobre los recursos hídricos. El incremento del nivel del mar amenazará los acuíferos costeros debido a la intrusión salina. En las ciudades de regiones montañosas, la pérdida de agua almacenada en los glaciares y los páramos (ecosistemas de tundra alpina típica en la cordillera de los Andes, en América del Sur) podría causar a largo plazo descensos del caudal de los ríos y de la recarga de agua subterránea, con el consecuente estrés sobre el abastecimiento de agua para la población, los cultivos y los ecosistemas, así como una menor capacidad para generar energía eléctrica. La

energía hidroeléctrica es la principal fuente de electricidad para la mayoría de los países latinoamericanos y corre un gran riesgo por los cambios en el flujo de los ríos y la disponibilidad de agua.

La mayoría de los factores que afectan la vulnerabilidad de las personas a los cambios previstos en los recursos hídricos son conocidos. En una escala macro, los principales son el crecimiento demográfico y las migraciones, el crecimiento urbano descontrolado y una infraestructura y servicios inadecuados. A un mayor nivel de detalle, la vulnerabilidad de áreas y poblaciones específicas a los cambios en los recursos hídricos depende de varios factores clave, entre ellos, las características geológicas e hidrológicas locales, la geografía local, el uso del suelo, la erosión, la cobertura vegetal, la presencia o ausencia de agua subterránea y de áreas e instalaciones adecuadas y suficientes para el almacenamiento de agua, los niveles actuales de demanda de agua para el consumo con relación al suministro disponible, la calidad del agua, las políticas y los marcos institucionales que gobiernan la distribución y el uso del agua y el trasvase entre cuencas.

La vulnerabilidad del abastecimiento de agua al cambio climático y a otras amenazas puede variar mucho dentro de una cuenca. Algunas áreas pueden ser muy vulnerables a cambios pequeños de las precipitaciones o la temperatura, mientras que otras áreas están 'protegidas' y serán relativamente inmunes a cambios incluso mayores de las precipitaciones y la temperatura. Estas diferencias están principalmente correlacionadas con el nivel de consumo de agua y el desarrollo socioeconómico en la subcuenca, el área de drenaje y la posición dentro de la cuenca mayor, el grado de flujo de agua subterránea desde las aguas superficiales y hacia las mismas, y la fiabilidad de los sistemas de almacenamiento existentes. Las medidas diseñadas para ayudar a la adaptación al cambio climático serán más efectivas, tanto en términos de desempeño como de costo, si son planificadas usando un proceso integrador que aproveche plenamente el conocimiento disponible.

El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) proporciona apoyo financiero y técnico para proyectos de infraestructura de agua y saneamiento, riego, control de inundaciones, transporte y energía. Muchos de esos proyectos dependen de los recursos hídricos y pueden verse afectados negativamente por el cambio climático y otros acontecimientos que alteran la disponibilidad de agua. Evaluar el potencial de cambios futuros en la disponibilidad de agua es un importante paso para asegurar que los proyectos de infraestructura cumplen sus objetivos operacionales, financieros y económicos. También es importante examinar las implicaciones que esos proyectos tienen para la distribución futura del agua superficial disponible entre usuarios y usos que compiten entre sí a fin de mitigar conflictos potenciales y asegurar que esos proyectos sean coherentes con los planes de desarrollo regional a largo plazo y con la preservación de servicios esenciales del ecosistema.

Este fue el objetivo para el que se desarrolló Hydro-BID, el sistema de modelación integrado para la simulación de la gestión de los recursos hídricos de América Latina. El objetivo central de este conjunto integrado de herramientas de simulación de cuencas es ayudar a los responsables de la formulación de políticas a elegir informadamente entre las alternativas políticas existentes (p. ej., la asignación de agua para diferentes usos, la planificación para la infraestructura nueva o la existente y la consideración de resultados para diferentes escenarios climáticos) para la gestión de los recursos hídricos a escala regional, de cuenca y de subcuenca. Hydro-BID genera resultados en forma de series de tiempo diarias de los caudales estimados para una ubicación y un periodo determinados. Este capítulo presenta un caso de estudio que aborda los problemas de distribución de aguas superficiales en la cuenca del río Grande, en Argentina, para ilustrar los datos de entrada, el funcionamiento y los datos de salida de este sistema.

## La base de datos analítica de hidrografía

La herramienta de simulación Hydro-BID incluye lo siguiente:

- Una base analítica de datos hidrográficos (AHD, por sus siglas en inglés) que incluye más de 230.000 cuencas en la región de América Latina y el Caribe y sus correspondientes ríos y segmentos fluviales.
- Una herramienta de navegación basada en un sistema de información geográfica para explorar cuencas y corrientes fluviales de la AHD con capacidad para visualizarlas aguas arriba y aguas abajo.
- Una interfaz de usuarios para determinar el área y el periodo de tiempo que se quiere modelar y la ubicación donde se modelará la disponibilidad de agua.
- Una interfaz de datos climáticos para obtener datos de entrada sobre precipitaciones y temperaturas para un área y un periodo de tiempo de interés.
- Un modelo precipitación-escurrimiento basado en el Modelo Función Generalizada de Carga en Cuencas (GWLF, por sus siglas en inglés) (Haith y Shoemaker, 1987; Haith et al., 1992).
- Un esquema de cálculo hidráulico para cuantificar el tiempo de tránsito y estimaciones de flujos acumulados a través de las cuencas aguas abajo.

La AHD de Hydro-BID es una base de datos de aguas superficiales espacialmente explícita (basada en un sistema de información geográfica [SIG]). Con base en los datos de elevación para América Latina de la Misión de Topografía por Radar del Transbordador Espacial (SRTM, por sus siglas en inglés), se creó un mapa digital de elevaciones (MDE) –con una resolución de aproximadamente 90 m–, que fue utilizado para definir las cuencas en Hydro-BID aplicando técnicas de interpolación espacial. La propia AHD sirve como una plataforma de datos espaciales regionales para integrar los distintos datos necesarios para apoyar los modelos hidrográficos regionales. Además, proporciona una base para definir los parámetros de los modelos de una manera consistente, la conectividad de las corrientes aguas arriba y aguas abajo necesaria para dichos modelos y los datos para mostrar los resultados de forma gráfica.

La AHD tiene cuatro características clave que posibilitan el desarrollo e implementación de herramientas que analizan el flujo de agua en el contexto de su recorrido en una red:

- Una estructura anidada de cuencas de polígono con un esquema único de identificación de cuencas.
- La estructura lineal correspondiente para los segmentos de corrientes contenidos dentro de las cuencas.
- Atributos descriptivos que crean una red interconectada de segmentos fluviales aguas arriba y aguas abajo y entre cuencas.
- Una estructura de base de datos para introducir y adjuntar atributos adicionales específicos al modelo.

La AHD contiene datos sobre las elevaciones máximas y mínimas, la longitud, la inclinación promedio y otras características geométricas de cada segmento de corriente. La estructura de la base de datos también proporciona campos reservados a un abanico amplio de atributos descriptivos adicionales. Cada cuenca en la AHD puede estar conectada a datos basados en áreas que son relevantes para los modelos que se implementan; por ejemplo, el área, la cobertura vegetal y el uso del suelo, la

pendiente promedio, el tipo de suelo predominante y datos climáticos. Los modelos usan datos extraídos de la AHD y generan resultados que pueden ser integrados nuevamente a la AHD.

Esta base usa un modelo de datos basado en vectores en el cual las características están representadas por puntos, líneas y polígonos en lugar de utilizar un método de trama o de malla en el cual los datos están almacenados en celdas. El modelo de datos basado en vectores de la AHD permite una representación más natural (y más exacta numéricamente) de las cantidades vectoriales –tales como el flujo, la velocidad y la conectividad de la cuenca hidrográfica– que los enfoques hidrográficos basados en malla o trama. La AHD es independiente de cualquier otro modelo hídrico. La red hidrológica de la AHD proporciona un marco consistente, flexible y, lo que es más importante, aplicable a otras escalas para su uso con un amplio abanico de modelos, conteniendo datos para la parametrización de las entradas del modelo así como los resultados de su ejecución a fin de apoyar análisis posteriores al proceso y fundamentar las decisiones. La AHD es diferente de muchas bases de datos hidrológicos geoespaciales porque incluye las relaciones de los caudales aguas arriba y aguas abajo como atributos de la base de datos, permitiendo análisis inteligentes, la modelación y la simulación. También es diferente de la representación hidrográfica con imágenes por satélite o mapas estáticos por el mismo motivo –la conectividad hidrológica de la red está cifrada dentro de los datos.

La AHD es también única en la medida en que ha surgido de un conjunto único de datos de elevaciones disponible a nivel mundial. Los segmentos de ríos y las cuencas correspondientes que contiene la AHD son desarrollados mediante un algoritmo automático que utiliza solo estos datos de elevación. Esto significa que los segmentos de ríos en la AHD se derivan y no están necesariamente ubicados en lugares reales como podrían verse en un mapa detallado o una imagen por satélite. En cambio, la creación de otras series de datos similares, como el *United States National Hydrography Dataset Plus* (NHDPlus, Serie Plus de Datos Hidrográficos Nacionales de los Estados Unidos), involucró muchas capas adicionales de datos de entrada, incluyendo levantamientos en campo de información de los sistemas fluviales reales, desarrollados durante muchos años y con un elevado costo por el *United States Geological Survey* (USGS, Servicio Geológico de los Estados Unidos).

Las características obtenidas analíticamente y contenidas en la AHD son tanto apropiadas como adecuadas para usos múltiples en la modelación hidrológica y de recursos hídricos, pero, a medida que se necesitan detalles adicionales, la AHD puede ser actualizada para incluir segmentos reales levantados en campo y datos cada vez más detallados. La AHD ofrece, cuando es necesario, la posibilidad de tener delimitaciones de aguas superficiales cada vez más detalladas, al tiempo que proporciona una estructura de datos consistente para todos los usuarios de la región. En este sentido, el desarrollo de la AHD ofrece a los usuarios una plataforma flexible y muy adaptable para la realización de modelos, el mapeo, el análisis y la gestión de los recursos hídricos.

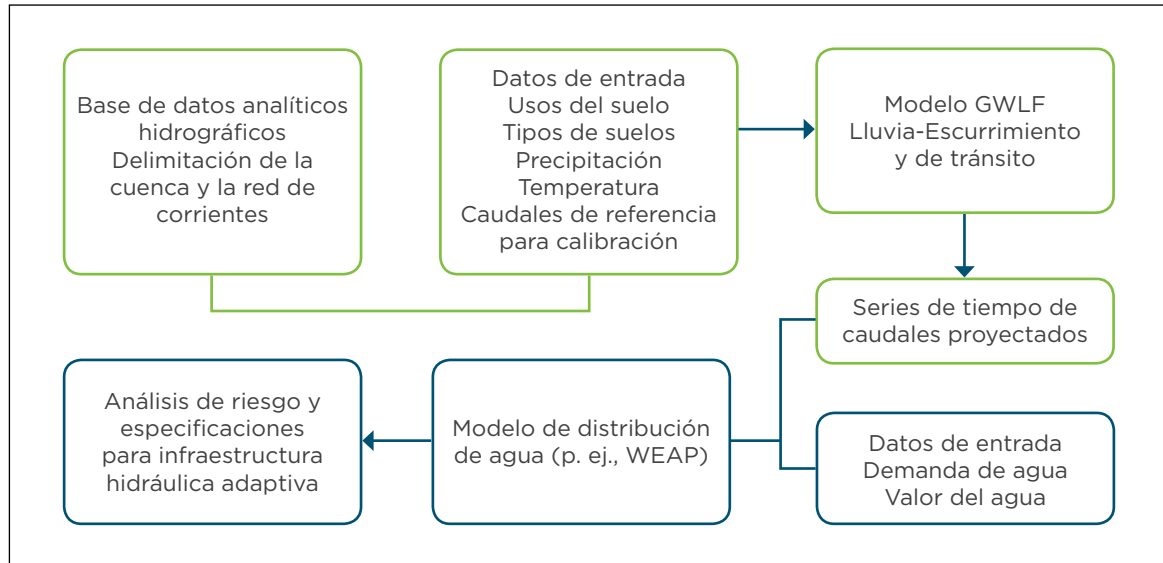
## El modelo de simulación Hydro-BID

La figura 12.1 muestra una representación esquemática del sistema integrado Hydro-BID para la simulación cuantitativa de la hidrología y el cambio climático. Hydro-BID utiliza la estructura de datos y las topologías de red de cuencas y corrientes de la AHD. El sistema incorpora datos sobre el uso del suelo, los tipos de suelo, las precipitaciones y las temperaturas dentro del área de estudio, así como los caudales observados para usarlos en la calibración.



**Figura 12.1**

**Diagrama de flujo del modelo de simulación Hydro-BID**



Fuente: Autores

Hydro-BID incluye una interfaz de preprocesamiento para desagregar datos climáticos mensuales en series de tiempo diarias de temperaturas y precipitaciones, que es la forma de introducir los datos climáticos necesarios. La interfaz ofrece datos climáticos proyectados diarios combinando una serie mensual de datos futuros con series diarias basadas en datos históricos. El método asume que la variación diaria reflejada en los datos históricos es una base válida para proyectar variaciones diarias en las condiciones futuras, con aumentos o disminuciones proporcionales en las temperaturas y las precipitaciones, como muestran las series mensuales de proyecciones futuras. Para aplicar este método, el usuario de Hydro-BID seleccionará un conjunto de datos históricos y un periodo; elegirá un escenario de proyecciones futuro de la lista de escenarios disponibles; y proporcionará previsiones futuras mensuales en un formato concreto. El sistema usa los datos introducidos para producir datos climáticos diarios para la totalidad del periodo proyectado.

El sistema aplica un modelo GWLF estándar, junto con una nueva metodología de tiempo de retardo-tránsito descrita inicialmente por Linsley et al. (1975). Esta metodología permite una representación más realista del drenaje por canales largos en formulaciones hidrológicas de cuencas como la de Hydro-BID, retrasando el flujo de agua en su camino desde un cauce aguas arriba hacia la red aguas abajo mediante un tiempo de retardo y permitiendo el amortiguamiento de los hidrogramas de flujo. La patente para la implementación informática de esta metodología está pendiente de aprobación. La formulación del modelo GWLF contiene solo unos pocos parámetros, lo que facilita su uso y aplicación en escenarios con datos limitados. Los resultados del modelo son series de tiempo de caudales previstos a una escala diaria o mensual. El sistema tiene una interfaz de usuario gráfica para aceptar los datos de entrada del modelo y para representar los resúmenes de los datos producidos de forma gráfica y tabular. Los datos obtenidos por el sistema Hydro-BID deberían ser analizados con mayor profundidad, junto con datos y proyecciones adicionales sobre la demanda de agua y su costo, el valor económico generado por los usos del agua y el desempeño esperado de la infraestructura en cuestión, a fin de desarrollar planes de distribución del agua, análisis de riesgos y diseños adaptativos. Hydro-BID puede ser utilizado con datos históricos sobre clima o proyecciones climáticas futuras para simular flujos

de agua de superficie en el ámbito de una cuenca, valorar los impactos potenciales del cambio climático en el flujo y la infraestructura de agua, y apoyar el diseño de proyectos y estrategias de adaptación. Las opciones de adaptación incluyen la respuesta a descensos de larga duración en los caudales de los ríos; un incremento del flujo; un aumento en la variación estacional o interanual de los caudales; y eventos extremos, como las sequías y las inundaciones.

Hydro-BID ha sido desarrollado para apoyar a:

- Las agencias de planificación y gestión de los recursos hídricos.
- Las autoridades que controlan los sistemas de drenaje y control de inundaciones.
- Las autoridades responsables del regadío.
- Los productores de energía hidroeléctrica.
- Las empresas de abastecimiento de agua y saneamiento.
- Los usuarios de agua.

## **La aplicación de Hydro-BID al estudio de caso**

La cuenca del río Bermejo, en el noroeste de Argentina, ha sido objeto de proyectos anteriores de abastecimiento de agua, saneamiento y gestión de los recursos hídricos, por parte del BID y de otros donantes y se prevé que se beneficie de más asistencia técnica y financiamiento para abordar los problemas actuales de gestión de los recursos hídricos. Esta cuenca fue seleccionada para un primer caso de estudio para ilustrar la aplicación de Hydro-BID en un proyecto de colaboración entre el BID y la Comisión Regional del Río Bermejo (COREBE). El proceso de selección requirió diversas reuniones para que las entidades colaboradoras comprendieran el propósito, las necesidades de datos y los resultados potenciales del modelo.

Después de llegar a un acuerdo para aplicar el modelo en la parte alta de la cuenca (subcuenca del río Grande), se realizó una misión a Argentina para lograr lo siguiente:

- Explicar el modelo Hydro-BID a los funcionarios locales.
- Comprender los problemas prioritarios de los recursos hídricos en el área del caso de estudio.
- Recabar datos básicos sobre recursos hídricos, clima y demanda de agua.
- Establecer lazos con otras instituciones de Argentina para recopilar más datos.
- Determinar las capacidades de modelación climática en Argentina.

Estos debates llevaron a la selección de una aplicación concreta del caso de estudio:

Modelizar la esorrentía de la subcuenca del río Grande e identificar medidas de adaptación potenciales que podrían responder a la demanda futura de suministro de agua para la ciudad de San Salvador de Jujuy y de agua para el regadío en el sur de la ciudad.

**Figura 12.2**  
**Provincia de Jujuy, Argentina**



Fuente: Cortesía del Instituto Geográfico Nacional

La provincia de Jujuy (figura 12.2) se encuentra en el extremo noroeste de Argentina, teniendo frontera con Bolivia en el norte, con Chile en el oeste y la provincia argentina de Salta en el sur y el este. Características clave de la provincia son un gran altiplano seco al oeste, con montañas que alcanzan los 4.200 metros de altitud, y un imponente cañón, la Quebrada de Humahuaca. Este valle forma la cuenca del río Grande, que fluye hacia el sur desde las montañas, atravesando la capital provincial de San Salvador de Jujuy (altitud de 1.200 m), y gira hacia el este para unirse al río Lavayén y formar así el río San Francisco. Ese río fluye hacia el norte, a través de un amplio valle agrícola al este (a una altitud de aproximadamente 500 m), uniéndose después con el río Bermejo.

El área tiene veranos calurosos y húmedos e inviernos fríos y secos, con muy baja precipitación en las zonas a gran altitud. Durante los meses secos de invierno y primavera, se registra con frecuencia escasez de agua en la capital provincial de San Salvador de Jujuy y restricciones de agua para regadío en esta provincia agrícola. Los funcionarios regionales y provinciales están preocupados por el hecho de que el cambio climático pueda hacer más frecuentes y extremos estos periodos de escasez.

La población total de la provincia en 2010 era de aproximadamente 673.000 personas, con una densidad de 12,7 habitantes/km<sup>2</sup>. La región montañosa de Puna tiene una densidad aproximada de 1,4 habitantes/km<sup>2</sup>, mientras que en los valles hay más de 100 habitantes/km<sup>2</sup>. San Salvador de Jujuy tiene una población aproximada

de 265.000 habitantes. La tasa de crecimiento demográfico ha disminuido en las últimas décadas, desde el 2 por ciento en la década de 1980 a 1,7 por ciento en la década de 1990 y a 1 por ciento en la de 2000. El crecimiento de población en San Salvador de Jujuy ha sido ligeramente más alto que en el conjunto de la provincia.

Actualmente, la economía de Jujuy está insuficientemente desarrollada, pero está muy diversificada. La economía de la provincia cuenta con una actividad agrícola significativa, principalmente de caña de azúcar. El procesamiento de la caña de azúcar representa más de la mitad de la producción económica local de la provincia y 30 por ciento de la producción de azúcar nacional. El segundo mayor cultivo es el tabaco. Otros cultivos son el frijol, los cítricos, los tomates y otras verduras para consumo local. El ganado vacuno y caprino es criado a pequeña escala, principalmente para la producción local de leche, y cantidades importantes de llamas, vicuñas y guanacos sirven para la obtención de lana. Las actividades industriales incluyen la minería para materiales de construcción, la extracción de petróleo en Caimancito, la producción de sal en la salina de Salinas Grandes y la producción de papel.

La ciudad de San Salvador de Jujuy tiene una sola fuente de agua potable –una derivación del río Grande llamada presa Los Molinos, a unos 5 km aguas arriba de la ciudad. También se deriva agua del río Grande, en Los Molinos, para el riego de 34.000 ha de tierras, para ciudades más pequeñas y para el uso agroindustrial. Debido a la alta carga de sedimentos en las aguas que vienen del río Grande, la presa ya no tiene capacidad de almacenamiento, de manera que el agua para el suministro urbano y el regadío es captada del caudal de paso (BID, 2013).

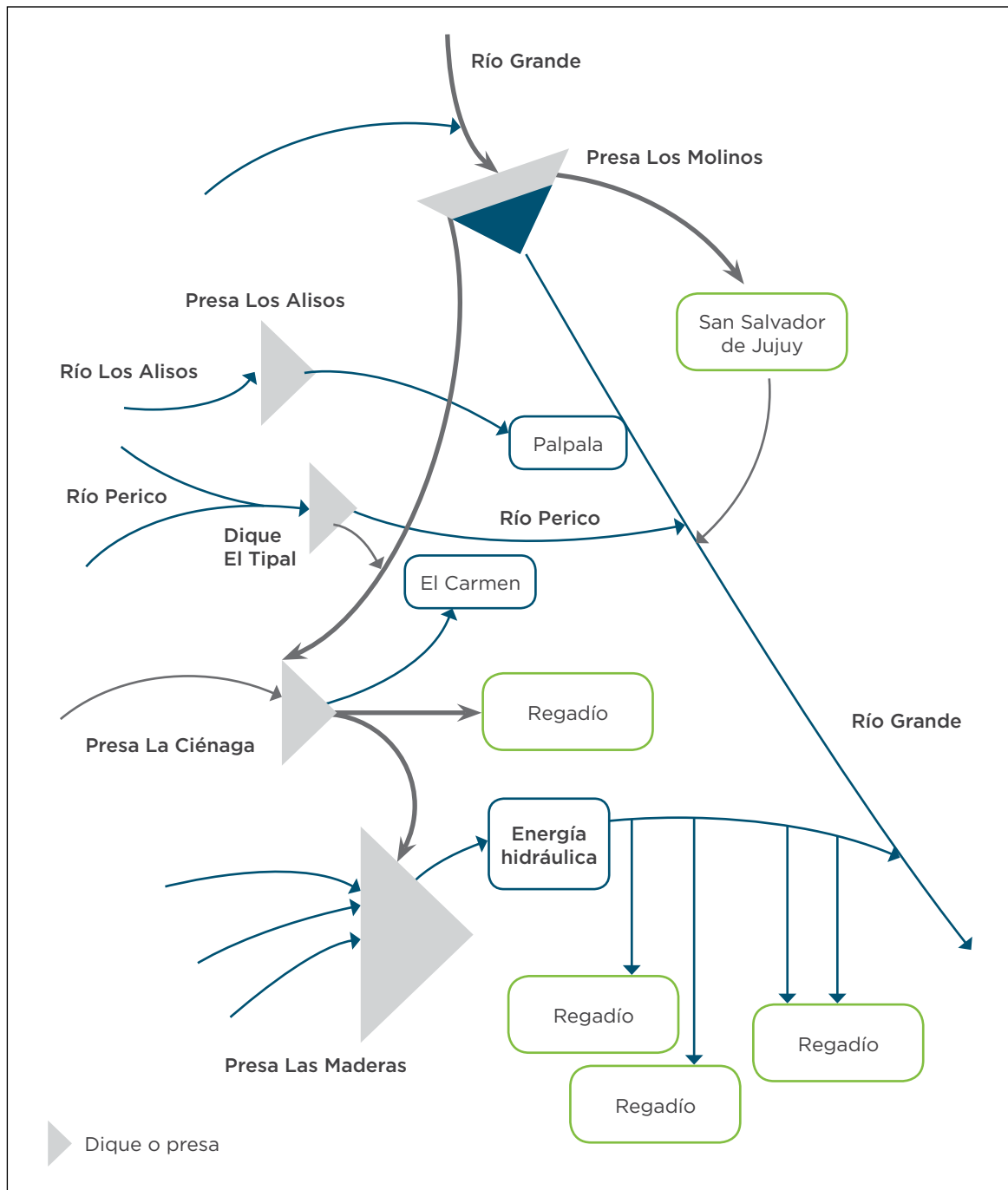
Durante la temporada seca, de agosto a noviembre, el caudal del río es muy bajo. Son comunes las restricciones en el abastecimiento de agua y las interrupciones del servicio. La derivación de agua para el regadío desde el río Grande también disminuye durante la estación seca, durante la cual, paradójicamente, se presenta una alta demanda de agua. Sin embargo, quienes usan agua para el regadío tienen fuentes de agua adicionales. Cuatro ríos más pequeños alimentan a cuatro presas que proporcionan agua a las tierras de regadío y los consumidores agroindustriales, así como agua potable a las pequeñas ciudades de Palpalá y El Carmen, que tienen una población combinada de 155.000 habitantes. Sin embargo, ha habido competencia entre todos los tipos de usuarios de agua de la presa Los Molinos, cada uno de ellos tratando de asegurarse una parte adecuada del caudal del río Grande.

Dadas estas consideraciones, las partes interesadas en Jujuy (COREBERE, los representantes municipales y las organizaciones agrícolas de regadío) pidieron que el equipo de trabajo evaluara la vulnerabilidad y suficiencia del abastecimiento de agua para las áreas urbanas de San Salvador, al tiempo que consideraba el suministro para el regadío y otros usos de la presa Los Molinos, teniendo en cuenta el cambio climático futuro. También pidieron al equipo identificar y sugerir medidas de adaptación a ser consideradas por las partes interesadas del área donde se realizaría el estudio de caso. Las partes interesadas y el equipo de trabajo acordaron que el estudio debía ser realizado a nivel de prefactibilidad y no incluir diseños de ingeniería detallados o análisis de costos. La figura 12.3 muestra un mapa de infraestructura hidráulica –presa, canales, así como pueblos y áreas irrigadas en la zona del estudio de caso.

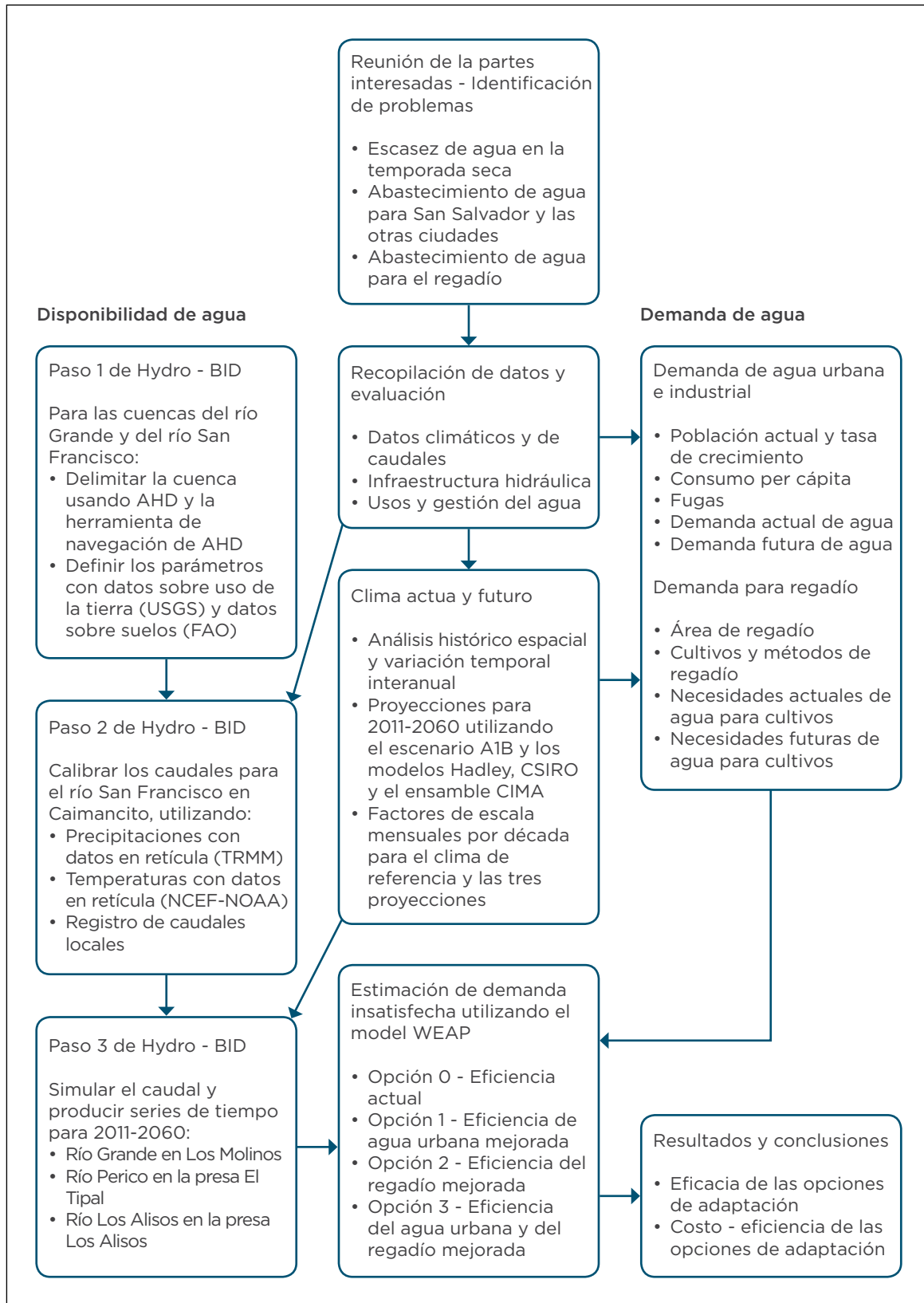
Una vez que se comenzó el proyecto, el equipo de trabajo descubrió que debía ampliar los análisis más allá del río Grande para incorporar al modelo las fuentes de agua adyacentes y el uso de agua en la parte sur del río San Francisco, incluyendo las corrientes de agua que alimentaban las cuatro presas, el suministro de agua potable en las pequeñas ciudades cercanas y el uso agroindustrial. El enfoque general para la aplicación del modelo Hydro-BID en el estudio de caso para los problemas de gestión de los recursos hídricos en el río Grande está representado en la figura 12.4.

Después del trabajo inicial con las partes interesadas locales para definir los objetivos del estudio y realizar la recopilación y evaluación de datos básicos, el trabajo continuó en tres áreas principales: disponibilidad de agua usando el modelo Hydro-BID en tres etapas; análisis del clima actual y futuro; y demanda de agua. Estos análisis proporcionaron la información necesaria para contabilizar la demanda de agua insatisfecha, asumiendo lo siguiente:

**Figura 12.3**  
**Infraestructura hidráulica existente en la cuenca del río Grande y el alto río San Francisco**



**Figura 12.4**  
**Enfoque de gestión integrada de los recursos hídricos de Jujuy**



Fuente: Autores

- Los climas: un clima de referencia y tres proyecciones de clima.
- Opciones de adaptación: una opción 0 (ausencia de mejoras en la eficiencia del agua) y tres opciones de adaptación, cada una involucrando diferentes mejoras en la eficiencia del agua.

De los resultados sobre demandas de agua insatisfechas, se evaluó cada opción de adaptación usando dos criterios (BID, 2013). El primero se centra en la efectividad, entendida como una reducción de la demanda de agua insatisfecha. El segundo se refiere a la eficiencia del costo, considerada como el costo por reducción unitaria de la demanda insatisfecha (BID, 2013). El resto del proyecto del estudio de caso siguió la siguiente secuencia:

***Puesta en marcha del proyecto.*** Esta fase incluyó una discusión de las prioridades de los temas de recursos hídricos y la formulación de los objetivos del estudio de caso.

***Recolección de datos y evaluación de las condiciones naturales.*** En esta fase, la recolección de datos y la evaluación de las condiciones naturales se centraron en los caudales, el clima actual y futuro, los suelos y el uso de la tierra. Las agencias locales y regionales y las autoridades del Gobierno provincial proporcionaron datos útiles. La principal brecha era la ausencia de datos fiables y recientes sobre caudal en la cuenca del río Grande. La localidad más cercana con buenos datos era la ciudad de Caimancito, aguas abajo sobre el río San Francisco, para la cual había datos disponibles de caudales diarios para el periodo 1947-2011. Este lugar fue elegido como base para la calibración del modelo Hydro-BID pese a que el área de captación aguas arriba de Caimancito es mucho mayor que la cuenca del río Grande. El equipo de trabajo contrató al Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA) en Buenos Aires para que ayudara a la preparación de las predicciones climáticas para el área del caso estudiado, basándose en su experiencia con diferentes enfoques. El Centro preparó proyecciones utilizando las últimas herramientas de modelización climática global (BID, 2013). El equipo también utilizó datos climáticos futuros con reducción de escala de la plataforma *Climate Wizard*, desarrollada por The Nature Conservancy, la Universidad de Washington y la Universidad del Sur de Mississippi, como una herramienta alternativa de predicción climática, para determinar la sensibilidad de los supuestos climáticos.

***Recolección de datos y estimación de la demanda de agua.*** La caracterización de la infraestructura de agua existente y las prácticas de gestión de los recursos hídricos fue directa, pero estimar la demanda de agua para regadío supuso un desafío debido a la carencia de datos fiables de evapotranspiración. Los cálculos detallados usando CROPWAT y otros métodos recomendados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés) dieron resultados cercanos a las estimaciones recientes del personal local que maneja los recursos hídricos en COREBE utilizando métodos analíticos y empíricos.

***Modelización de caudales actuales y futuros.*** Esta fase incluyó la calibración del modelo Hydro-BID en Caimancito y la ejecución del modelo Hydro-BID para predecir caudales futuros en el canal principal y varias subcuencas de la cuenca del río Grande. La calibración utilizó bases de datos internacionales para muchos parámetros porque los valores diarios de precipitación y temperatura no estaban disponibles en los mismos lugares que los caudales diarios. La calibración del modelo dio resultados aceptables, con buena precisión en la estación seca.

***La comparación de la oferta y demanda de agua.*** Esta fase incluyó la integración en el modelo de proyecciones de flujos de corriente futuros y de demanda de agua para calcular la demanda insatisfecha de agua para varias proyecciones climáticas y

diferentes escenarios de adaptación. Las proyecciones climáticas incluyeron: i) sin cambio; ii) un ensamble de modelos de circulación general (MCG) preparado por CIMAC, y iii) dos proyecciones con reducción de la escala usando Climate Wizard. Las opciones de adaptación incluyeron: i) sin cambio; ii) eficiencia mejorada del agua urbana e industrial; iii) eficiencia mejorada de la aplicación para riego, y iv) eficiencia mejorada para el uso urbano y el riego combinados. La demanda insatisfecha por mes y por década se determinó para cada situación potencial.

**Evaluación de las opciones de adaptación.** Cada opción de adaptación fue evaluada usando el ensamble de MCG de CIMAC (que mostró el cambio climático más alto), mediante la determinación de la eficacia de la opción medida por la reducción de la demanda insatisfecha, y por la eficiencia del costo de la opción, mediante la comparación del costo neto por metro cúbico ahorrado, obtenido del valor actual de todo el capital y los costos operacionales asociados con la opción y dividido por la reducción total de la demanda insatisfecha.

## La configuración y calibración del modelo Hydro-BID

### Configuración del modelo

El modelo Hydro-BID fue preparado para el río Grande y el alto río San Francisco, que incluye 249 cuencas AHD y un área total de 22.070 km<sup>2</sup>. La cuenca fue seleccionada para la calibración por las siguientes razones:

- Se dispone de datos recientes de caudales.
- El caudal se mide semanalmente (los datos podían ser convertidos en promedios mensuales para la calibración).
- La influencia humana en la cuenca es relativamente pequeña a nivel de cuencas de captación; por lo tanto, se podía hacer la calibración para un balance hídrico general.
- La calibración no pudo realizarse solamente para el río Grande por la falta de registros de flujos fiables y recientes.

Los datos observados en diversos sitios a lo largo de la cuenca son limitados y cubren periodos anteriores a la década de 1980. Por tanto, para mantener la consistencia, el equipo de trabajo utilizó datos de precipitaciones diarias de la *Tropical Rainfall Measurement Mission* (TRMM, Misión de Medición de las Lluvias Tropicales) de la *National Aeronautics and Space Administration* (NASA Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio) (Kummerow et al., 1998). La cuenca AHD fue puesta sobre un mapa reticulado de precipitaciones diarias para obtener datos sobre precipitaciones promedio de la cuenca.

Para la temperatura, se utilizó un reanálisis de temperaturas que cubrían la cuenca del río San Francisco de los *National Centres for Environmental Prediction* (NCEP, Centros Nacionales de Predicción Ambiental) de la *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA, Administración Nacional de los Océanos y la Atmósfera) (Kalnay et al. 1996). Para la representación del mapa de temperaturas diarias, se utilizaron temperaturas diarias mínimas y máximas. Después, se superpuso el cauce AHD al mapa reticulado de temperaturas diarias para obtener los datos de temperatura promedio de la cuenca.

Para cada cuenca AHD en la cuenca mayor, se obtuvo primero la proporción del área de captación por tipo de cobertura terrestre. En segundo lugar, se determinó el grupo de suelo hidrológico predominante dentro de cada porción de la cuenca AHD.

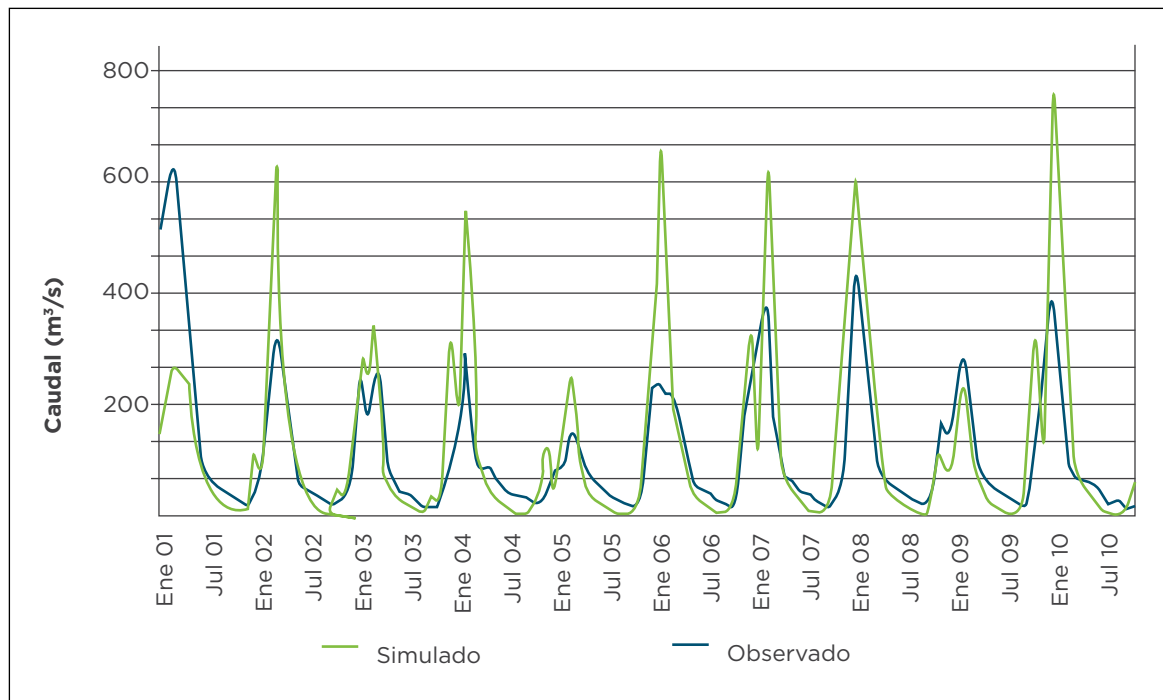


En tercer lugar, se estimaron los números de curva para cada porción de la cuenca AHD, en función del tipo de cobertura terrestre y del grupo de suelo hidrológico, usando el cuadro con los números de curva incluido en Hydro-BID.

**Calibración del modelo**

Se calibraron tres parámetros –multiplicador del número de curva, coeficiente de escorrentía y parámetros de infiltración– para obtener un error volumétrico general razonable inferior al 15 por ciento. La figura 12.5 muestra los resultados del modelo comparando los flujos mensuales observados y simulados para el periodo de calibración. En general, el modelo simula bien el balance hídrico, pero sobrestima los flujos altos en verano. La diferencia en el caudal total para la década 2001-2010 fue del 14 por ciento. La correlación general entre lo observado y el simulado fue del 85 por ciento.

**Figura 12.5**  
**Flujo observado y simulado, río San Francisco en Caimancito**



Fuente: cálculos y elaboración de los autores.

Si se examinan las estaciones, se puede ver que el hidrograma de recesión y los flujos bajos están bien simulados. Los periodos de flujo bajo son los más importantes para la modelización de periodos de escasez de agua. Cabe señalar que estos resultados (y los parámetros de calibración actuales) son suficientes para estudiar la importancia relativa de los impactos del cambio climático en la gestión de los recursos hídricos. Sin embargo, una mejor modelización dentro de la cuenca del río Grande/río San Francisco necesitará mejores registros de caudales para cuencas más pequeñas y una nueva calibración del modelo. Los parámetros de calibración determinados aquí serán un buen punto de partida para una modelización afinada del interior de la cuenca del río Grande/río San Francisco.

## Resultados de la simulación y evaluación de las opciones de adaptación seleccionadas

### Resultados de la simulación

Dada la complejidad geográfica de las subcuencas de los ríos y los diferentes usos del agua en este estudio de caso, se necesitó simular los flujos en las salidas de tres subcuencas:

1. Río Grande, aguas arriba de la presa Los Molinos (69 cuencas AHD).
2. Río Los Alisos (1 cuenca).
3. Río Perico (7 cuencas).

Se compararon los flujos mensuales simulados en estos puntos con los flujos observados en años anteriores, mostrando tendencias similares de flujos estacionales. Dada la variabilidad moderada de los flujos interanuales en esta cuenca, no es sorprendente encontrar algunas diferencias de los caudales medios mensuales para diferentes periodos. Los flujos simulados y los observados se corresponden bien en los meses secos del invierno, pese a los diferentes periodos. Se necesita que los resultados del modelo en los meses secos del invierno sean precisos para evaluar la escasez de agua, mientras que las diferencias en los meses húmedos de verano son mucho menos relevantes. Sin embargo, se propone que en el futuro, cuando se hayan recopilado datos completos durante uno o dos años, se obtengan mejores parámetros regionales para el análisis de los recursos hídricos detallados de la cuenca a nivel de subcuenca. No obstante, se dispone de un modelo de caudales diarios (en la actualidad) que describe cuánta agua fluye, dónde y cuándo. Esto puede ayudar con problemas inmediatos de asignación y gestión de los recursos hídricos. También puede ayudar con otras cuestiones relativas a los recursos hídricos, como la selección de los lugares para las nuevas estaciones de flujo.

El periodo 2000-2010 se consideró como una década de referencia. Los cálculos para las décadas futuras se basan en valores de temperatura y precipitaciones futuras de varias proyecciones de clima. Esto se logra ampliando o reduciendo la escala de las bases de datos sobre temperaturas y precipitaciones mensuales mediante escalas lineales derivadas de los resultados del Climate Wizard y de la base de datos reticulados de temperatura y precipitaciones provenientes de los modelos climáticos realizados por CIMA. Todos los resultados de los modelos climáticos se usan para alimentar el modelo Hydro-BID para calcular así nuevos valores de caudales para el río Grande y el río San Francisco.

Los flujos diarios simulados fueron promediados para crear series de tiempo mensuales para el periodo 2011-2060. Se generaron cuatro series de flujos mensuales para los ríos Grande, Perico y Los Alisos para el escenario de referencia y tres proyecciones climáticas:

1. Referencia (flujo de 2001-2010)
2. El modelo HadCM3.1 del *Met Office Hadley Centre* de Reino Unido (Pope et al. 2000).
3. El modelo MK3 de la *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation* (CSIRO, Organización de Investigación Científica e Industrial del Commonwealth) (Gordon et al. 2002).
4. Ensamble de modelos CIMA.

### ***Evaluación de las opciones de adaptación seleccionadas***

Usando los resultados de las simulaciones del modelo Hydro-BID, se examinaron las demandas insatisfechas para el escenario de referencia 2011-2060, para las tres proyecciones climáticas seleccionadas y para una variedad de opciones de adaptación. El resultado clave de ese trabajo es que habrá una demanda insatisfecha sustancial – del orden de 200 millones de m<sup>3</sup> anuales – si no cambia la eficiencia en el uso del agua. Los hallazgos clave de los análisis se resumen brevemente a continuación.

#### ***Opción 0: Eficiencia actual***

Esta opción supone que no hay mejora de la eficiencia, de manera que las fugas en los sistemas de abastecimiento de agua urbana se mantienen en el 30 por ciento y la eficiencia del regadío en el 37 por ciento. La cantidad de tierras de regadío y distribución de los cultivos se mantiene sin cambios, y la demanda de agua urbana e industrial aumenta estrictamente en función del crecimiento demográfico (1,5 por ciento).

#### ***Opción 1: Mejora de la eficiencia del agua urbana***

Bajo esta opción, mejora la infraestructura de agua. La tasa de fugas en el sistema de distribución de la ciudad de San Salvador de Jujuy y las localidades de su entorno disminuye del 30 por ciento del abastecimiento de agua al 10 por ciento, ahorrando una cantidad modesta de agua. Como en el caso anterior, el consumo de agua por persona es constante, pero se asume un crecimiento de población del 1,5 por ciento. Además, el agua ahorrada en las localidades del entorno es ‘transferida’ para su uso en el regadío cercano, reduciendo la demanda insatisfecha para esta actividad. En esta opción, hay interacciones entre el agua urbana e industrial y el agua para el regadío. Más concretamente, si se obtienen excedentes gracias al ahorro en el consumo de agua urbana industrial mediante una eficiencia mejorada, ese exceso puede servir para reducir las demandas insatisfechas para el regadío.

#### ***Opción 2: Mejora en la eficiencia del regadío***

En esta opción, se mejora la eficiencia en la utilización del agua para regadío. Se supone que la eficiencia global de la irrigación aumentará del 37 por ciento al 55 por ciento, lo cual estaría asociado, no con mejoras en la eficiencia del transporte de agua, sino con un incremento en la eficiencia gracias a un riego de superficie por goteo en lugar del regadío básico por surcos. Si el agua ahorrada por la mejora en el regadío produce una demanda insatisfecha cero en el riego, cualquier ahorro restante de agua puede contribuir a reducir cualquier demanda insatisfecha en el abastecimiento de agua urbana. Sin embargo, esto es cierto solo para las ciudades del entorno, pero no para San Salvador de Jujuy, porque esta última ciudad está aguas arriba de las tierras de regadío y no tiene un embalse para almacenamiento.

#### ***Opción 3: Mejora eficiencia urbana y de regadío***

Esta opción es la combinación de las opciones 1 y 2. Se pueden dar interacciones entre las dos demandas en cualquiera de las dos direcciones.

El cuadro 12.1 ofrece una comparación resumida de la demanda insatisfecha y del ahorro para las cuatro proyecciones climáticas y las cuatro medidas de adaptación, para el comienzo y el final del periodo de análisis, desde 2011 hasta 2060, basándose en los detalles proporcionados por los resultados del modelo (pero no mostrados

aquí). Obviamente, mejoras en la eficiencia reducen sustancialmente la demanda insatisfecha, especialmente con la eficiencia en el regadío, pero en cada escenario persisten algunas demandas insatisfechas.

Los hallazgos clave de estos análisis se resumen en lo siguiente:

- En las circunstancias actuales, la demanda insatisfecha es de aproximadamente 34,3 millones de m<sup>3</sup>/año.
- Para 2060, si los consumidores urbanos y de agua para regadío no mejoran la eficiencia en el uso del recurso, la demanda insatisfecha aumentará a aproximadamente 162-205 millones de m<sup>3</sup>/año, dependiendo de qué proyección climática se aplica.
- Mejorar la eficiencia del uso de agua urbana (opción 1) reducirá modestamente la demanda insatisfecha durante el periodo estudiado, limitando su incremento a 141-183 millones de m<sup>3</sup>/año.
- Mejorar la eficiencia en la utilización del agua para regadío (opción 2) tiene un impacto significativo, limitando el incremento de la demanda insatisfecha a 16-44 millones de m<sup>3</sup>/año.
- Mejorar la eficiencia tanto del agua en el medio urbano como en su aplicación para el regadío (opción 3) proporciona un impacto adicional, limitando el incremento de la demanda insatisfecha a 6-30 millones de m<sup>3</sup>/año.

Por tanto, para mantener la demanda insatisfecha aproximadamente a su nivel actual en los próximos 50 años es esencial mejorar la eficiencia del uso del agua de regadío. Para aliviar la demanda insatisfecha de agua en San Salvador de Jujuy, será necesario tomar medidas adicionales, tales como asegurar una fuente de agua suplementaria y desarrollar capacidad de almacenamiento.

Se han examinado tanto la eficacia como el costo-eficiencia de las tres medidas de adaptación asociadas con la mejora de la eficiencia. Cabe recordar que, a efectos de este estudio de caso, la eficacia y el costo-eficiencia se definen de la siguiente manera:

- Eficacia de una opción es la medida en la que se reduce la demanda insatisfecha al usar dicha opción. Es el medio más básico de medir la eficacia, pero hay otros.
- Costo-eficiencia es el valor actual de los costos de todas las intervenciones (gastos de capital y de mantenimiento) relacionados con esa opción, en el periodo 2011-2060, dividido entre la reducción total de la demanda insatisfecha asociada a esa opción.

Por ejemplo, como muestra el cuadro 12.1, la eficacia de la opción 1 en el escenario climático de referencia para la década 2051-2060, es la reducción de la demanda insatisfecha de agua urbana de 162 millones de m<sup>3</sup>/año a 141 millones de m<sup>3</sup>/año, lo que significa una reducción de 21 millones de m<sup>3</sup>/año, o aproximadamente el 13 por ciento. Bajo la proyección del ensamble CIMA, esa eficacia conlleva una caída de 205 millones de m<sup>3</sup>/año a 183 millones de m<sup>3</sup>/año, lo que supone una disminución de 22 millones de m<sup>3</sup>/año, o aproximadamente 11 por ciento.

Otra medida de la eficacia es la frecuencia de periodos escasez. En la opción 0, asumiendo las diferentes proyecciones de cambio climático, los usuarios de agua potable de San Salvador de Jujuy pueden esperar que el 20 por ciento de la demanda esté cubierta el 75 por ciento del tiempo en octubre. En otras palabras, el agua estará bastante limitada en octubre en un escenario de cambio climático. En cambio, si se aplicara la opción 1, los ciudadanos de San Salvador de Jujuy podrían esperar que al

menos 50 por ciento de la demanda esté cubierta en octubre, lo cual es una mejora importante. Una nueva fuente de agua puede ayudar a cubrir al menos parte de la brecha.

La reducción de la demanda insatisfecha mediante la eficacia del regadío es bastante sustancial. La eficacia de la opción 2 en el clima de referencia para la década 2051-2060, es la reducción de la demanda de 162 millones de m<sup>3</sup>/año hasta 15,5 millones de m<sup>3</sup>/año, lo que representa una disminución de 146,5 millones de m<sup>3</sup>/año o aproximadamente el 90 por ciento. En la proyección del ensamble CIMA, esa eficacia presenta una caída desde los 205 millones de m<sup>3</sup>/año hasta 44,2 millones de m<sup>3</sup>/año, lo que supone una reducción de 160,8 millones de m<sup>3</sup>/año o del 78 por ciento.

Respecto al costo-eficiencia, se tabularon todos los costos y ahorros de agua de las opciones de adaptación, centrándose en la opción 1, y el costo-eficiencia de las mejoras en eficiencia para la caña de azúcar separada del tabaco. Estos resultados están resumidos en el cuadro 12.2. La mejora de la eficiencia en el sistema de abastecimiento de agua tuvo como resultado un 'costo de agua ahorrada' estimado en unos 0,02 USD por m<sup>3</sup>, lo cual es bastante atractivo. El desarrollo de nuevas fuentes de agua e instalaciones de tratamiento podría costar fácilmente diez veces esa cantidad. Hay valores de costo-eficiencia similares para las mejoras en la eficiencia del regadío para caña de azúcar y tabaco, pero los valores actuales de inversión y mantenimiento son mucho más altos que para la mejora de la eficiencia en agua urbana (opción 1). Al mismo tiempo, los ahorros de agua son también mucho más altos. El costo-eficiencia neto de la mejora de la eficiencia del regadío tanto para la caña de azúcar como para el tabaco es más alto que la opción 1, pero sigue siendo muy atractivo comparado con nuevas fuentes de agua.

**Cuadro 12.1**  
**Comparación de demanda insatisfecha y ahorros para cuatro proyecciones de clima y cuatro opciones de adaptación**

Proyección climática	2011-2020				2051-2060			
	Referencia	Hadley	CSIRO	CIMA	Referencia	Hadley	CSIRO	CIMA
Total de demanda de agua insatisfecha (mm <sup>3</sup> /año)								
Opción 0 – Eficiencia actual	34,3	31,7	55,1	42,5	162	162	180	205
Opción 1 – Eficiencia mejorada de agua urbana	26,3	24,3	45,0	34,1	141	141	159	183
Opción 2 – Eficiencia mejorada de regadío	0,53	0,45	1,45	0,75	15,5	15,5	27,2	44,2
Opción 3 – Eficiencia mejorada de agua urbana y regadío	0,19	0,16	0,42	0,25	5,7	8,3	16,1	30,0
Ahorros en demanda insatisfecha (mm <sup>3</sup> /año)								
Ahorros en la opción 1	8,1	7,3	10	8,3	21	21	21	22
Ahorros en la opción 2	34	31	54	42	146	146	153	161
Ahorros en la opción 3	34	32	55	42	156	153	164	176

Fuente: Cálculos y elaboración de los autores

**Cuadro 12.2**  
**Costo-eficiencia de la adaptación para el suministro de agua urbana y el regadío**

Opción 1		Opción 2				
Abastecimiento de agua urbana		Regadío				
		Costo de capital por superficie	Cultivo	Ha	Costo cap/ha	Vida, años
Costo unitario de capital por reducción de fugas	400 USD m <sup>3</sup> /día ahorrado	Costo de capital por superficie	Azúcar	19.212	1.200 USD	23.054.400 USD
Ahorros de agua San Salvador y ciudades	24.253 m <sup>3</sup> /día ahorrado	Sistema de regadío por goteo	Tabaco	18.238	2.400 USD	34.171.200 USD
Costo de capital proyecto de rehabilitación	9.701.200 USD	Costo anual de mantenimiento		14.238	200 USD	2.847.600
Costo anual de mantenimiento	3%	Tasa de descuento		10%		
Tasa de descuento	10%					
<b>Valor presente</b>		<b>Valor actual</b>				
Costo	7.602.008 USD	Costo USD, azúcar				81.900.805 USD
Reducción de demanda insatisfecha, m <sup>3</sup>	337.000.000	Ahorro de agua azúcar, m <sup>3</sup>				2.005.421.667
		Costo de adaptación del azúcar, USD/m <sup>3</sup>				0,041 USD
Costo de adaptación urbana, USD/m <sup>3</sup>	0,023 USD	Costo USD, tabaco				74.224.126 USD
		Ahorro de agua tabaco, m <sup>3</sup>				987.745.000
		Costo de adaptación del tabaco USD/m <sup>3</sup>				0,075 USD

Fuente: Cálculos y elaboración de los autores

## Limitaciones del enfoque

Hydro-BID conlleva, como cualquier otro modelo de simulación, algunos supuestos que hay que destacar en la medida en que pueden limitar su aplicación a varios tipos de problemas de gestión de recursos hídricos. Estas limitaciones están resumidas aquí, junto con las vías para un mayor desarrollo y mejora del sistema. Primero, el flujo de agua de superficie ha demostrado ser muy sensible a la topografía. El componente AHD de Hydro-BID procede de la percepción remota por radar (SRTM, por sus siglas en inglés) y, por tanto, exige ser calibrado con medidas topográficas terrestres para corregir cualquier incongruencia significativa. Esto se hizo con el estudio de caso documentado en este capítulo. De cualquier forma, modificar el AHD (que es abierto y está disponible para cualquier usuario de Hydro-BID) con esos ajustes o incluso cambiar la topografía AHD para tener mayor detalle (p. ej., una resolución más alta) es una tarea bastante sencilla.

Segundo, aunque la formulación del balance hídrico de GWLF incluye los intercambios hidrológicos entre el agua de superficie y el agua subterránea, el propio flujo de agua subterránea no es parte del Hydro-BID. Esta es una consideración importante para aplicar este modelo a los problemas de abastecimiento de agua allí donde el agua subterránea es una fuente importante. En su forma actual, Hydro-BID no puede ser aplicado a problemas como los de diseño y operación del sistema de pozos de agua subterránea o a la contaminación del agua subterránea. Esta es un área de desarrollo futuro; entre las opciones que se están considerando está vincular Hydro-BID a modelos conocidos de simulación para agua subterránea, como MODFLOW.

Es importante reconocer que para los problemas de gestión del agua, un modelo hidrológico es frecuentemente insuficiente para abordar cuestiones como la asignación de agua (ya sea basado en normas o en optimización), el análisis económico y otras temas relacionados con la política pública. Hydro-BID ha sido diseñado para ayudar a solucionar esos problemas, pero, en su versión actual, debería ser complementado con otras herramientas más centradas en la gestión de los recursos hídricos. La investigación y los esfuerzos de desarrollo en curso se centran en sumar esas funciones al sistema de simulación, concretamente para proporcionar una interface de usuario más inclusiva que permita abordar asuntos más amplios de gestión de recursos hídricos.



## Conclusiones

El estudio de caso descrito en este capítulo ha proporcionado una experiencia valiosa en el uso del sistema de simulación Hydro-BID y servirá de base para el diseño de aplicaciones futuras y la capacitación de los usuarios. El estudio de caso también demuestra el valor de usar un sistema de simulación con una mayor resolución espacial y flexibilidad geográfica de lo que es posible con otros modelos hidrológicos disponibles. Hydro-BID es una herramienta útil para evaluar los desafíos de la gestión de los recursos hídricos y las opciones existentes en las condiciones actuales y futuras para cualquier área geográfica definida por el usuario, desde el área de captación hasta la cuenca.

El modelo Hydro-BID fue aplicado con éxito en el estudio de caso, pese a las brechas importantes en los datos locales para la provincia de Jujuy. El análisis de estas brechas subrayó la necesidad de realizar un monitoreo más amplio e intensivo de la demanda de agua, el clima, el caudal y otros parámetros que pueden ser usados en un trabajo futuro. En consecuencia, la calibración del modelo fue realizada usando principalmente bases de datos internacionales y datos de caudales en la salida de una cuenca grande. Datos de caudales más recientes y fiables de largo plazo en puntos interiores de la cuenca mejorarían la precisión de la calibración del modelo para cuencas más pequeñas.

Los datos disponibles y los modelos climáticos indican que habrá un incremento constante y modesto de la temperatura promedio en la cuenca del río Grande y la parte alta del río San Francisco hasta el año 2060. La precipitación promedio anual en la cuenca no muestra una tendencia creciente ni decreciente en este periodo, aunque la variación interanual se mantendrá bastante alta. El impacto directo del cambio climático en el caudal del río parece ser pequeño. El modelo confirma la experiencia actual de los usuarios de agua en la cuenca. Sus resultados muestran una demanda insatisfecha (escasez de agua) durante los meses secos de agosto a noviembre para los residentes de San Salvador de Jujuy y los productores aguas abajo.

La demanda de agua en la cuenca del río Grande y la parte alta del río San Francisco aumentará drásticamente en los próximos 50 años por dos razones: i) incrementos de la demanda de agua urbana e industrial, que reflejarán el crecimiento demográfico en San Salvador de Jujuy y otras ciudades de la cuenca; y ii) aumentos de la demanda de agua de regadío motivados principalmente por incrementos de la temperatura, lo que aumenta la evapotranspiración de los cultivos. Sin acciones de adaptación, los residentes urbanos y los productores que dependen del regadío sufrirán una escasez de agua creciente en el periodo estudiado.

Mejorar la eficiencia de los sistemas de agua urbana solo aliviará de forma parcial la demanda de agua insatisfecha de los consumidores urbanos e industriales. Reducir las pérdidas físicas (fugas) en el sistema desde el 30 por ciento estimado hasta un objetivo del 10 por ciento reduciría la demanda urbana e industrial de agua insatisfecha en 2020 entre 7,3 y 10 millones de m<sup>3</sup>/año, dependiendo de las proyecciones climáticas; con toda esa disminución dándose en la temporada seca. Dado que San Salvador de Jujuy no tiene un embalse, el agua ahorrada mediante la mejora en la eficiencia del riego aguas abajo no puede utilizarse en la actualidad para aliviar la demanda insatisfecha de agua en la ciudad. Satisfacer totalmente la demanda de agua de San Salvador de Jujuy necesitará inversiones adicionales en almacenamiento o en nuevas fuentes de agua.

Las diferencias en los resultados usando diferentes proyecciones climáticas son significativas, pero no enormes. Este análisis predijo caudal, demanda de agua y demanda insatisfecha de agua para un 'año promedio', ya fuera en el escenario de referencia o en cualquiera de las tres proyecciones climáticas. Históricamente, hay una variación interanual considerable en las precipitaciones, la temperatura y el caudal. En cualquiera de las proyecciones climáticas futuras, habrá años calurosos secos que pueden llevar a incrementos en la demanda insatisfecha y años fríos y húmedos con descenso en esa misma demanda. La conclusión fundamental es que la creciente eficiencia del agua será ampliamente benéfica para adaptarse a los cambios previstos del clima. Dada la variabilidad interanual importante, desarrollar un mayor almacenamiento de agua y nuevas fuentes tendrá una importancia particular para San Salvador de Jujuy.

Hay muchas lagunas de datos que limitan el análisis de los problemas de gestión de los recursos hídricos en la provincia de Jujuy en las condiciones presentes y futuras. Las necesidades de datos con mayor prioridad son mediciones del caudal en la subcuenca del río Grande, datos precisos y detallados sobre el consumo actual de agua y nuevos datos básicos sobre evapotranspiración, necesidades de agua para los cultivos y rendimientos de los cultivos en las áreas irrigadas.

Pese a sus limitaciones, Hydro-BID es una herramienta muy útil para predecir caudales futuros para las áreas definidas por los usuarios, desde la escala de captaciones a la de cuenca. El modelo es flexible y tiene un algoritmo geográfico-hidrológico robusto, con la posibilidad de manejar capas de datos y de utilizar como insumo conjuntos de datos internacionales 'listos para usar'. Además, puede ser usado como el núcleo de un trabajo avanzado sofisticado sobre la gestión integrada de los recursos hídricos en las cuencas hidrográficas.

## Referencias

- BID (Banco Interamericano de Desarrollo) (2013). *Hydro-BID case study: A water resource model of the Río Grande basin in Argentina*, para Contrato del Banco Interamericano de Desarrollo, Washington.
- Gordon, H. B., Rotstayn, L. D., McGregor, J. L., Dix, M. R., Kowalczyk, E. A., O'Farrell, S. P., Waterman, L. J., Hirst, A. C., Wilson, S. G., Collier, M. A., Watterson, I. G., Elliott, T. I. (2002). *The CSIRO Mk3 climate system model, CSIRO Atmospheric Research Technical Paper N.o 60*, CSIRO Atmospheric Research, Victoria, Australia, consultado el 17 de mayo de 2014, [http://www.cmar.csiro.au/e-print/open/gordon\\_2002a.pdf](http://www.cmar.csiro.au/e-print/open/gordon_2002a.pdf).
- Haith, D. A. y Shoemaker, L. L. (1987). "Generalized watershed loading functions for stream flow nutrients", *Water Resources Bulletin*, vol. 23, n.º 3, pp. 471-478.
- Haith, D. A., Mandel, R. y Wu, R. S. (1992). *Generalized watershed loading functions: User's manual*, Dept. of Agricultural and Biological Engineering Cornell University, Ithaca, Nueva York.
- Kalnay, E., Kanamitsu, M., Kistler, R., Collins, W., Deaven, D., Gandin, L., Iredell, M., Saha, S., White, G., Woollen, J., Zhu, Y., Leetmaa, A. y Reynolds, R. (1996). "The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project", *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 77, n.º 3, pp. 437-471.
- Kummerow, C., Barnes, W., Kozu, T., Shiue, J. y Simpson, J. (1998). The TRMM Sensor Package, consultado el 17 de mayo de 2014, [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0426\(1998\)015<0809:TTRMMT>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0426(1998)015<0809:TTRMMT>2.0.CO;2)
- Linsley, R. K., Kohler, M. A. y Paulhus J. L. (1975). *Hydrology for Engineers*, McGraw Hill Companies, Nueva York.
- Magrin, G., Gay García, C., Cruz Choque, D., Giménez, J. C., Moreno, A. R., Nagy, J. G. y Villamizar, A. (2007). "Latin America. Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability". Contribución al grupo de trabajo II, en Parry, M. L., Canziani, O. F. Palutikof, J. P., van der Linden, P. J, y Hanson C. E. (eds.), *IPCC Fourth Assessment Report Climate Change 2007*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Pope V. D., Gallani, M. L., Rowntree, P. R. y Stratton, R. A. (2000). "The impact of new physical parametrizations in the Hadley Centre climate model: HadAM3", *Climate Dynamics*, vol. 16, pp. 123-146.

# Parte IV

El desarrollo de  
infraestructura  
verde



# 13 El crecimiento verde y los servicios de agua en las ciudades de América Latina

*Greg Browder*

## Introducción

El crecimiento verde es un crecimiento sostenible desde el punto de vista ambiental (Banco Mundial, 2012). Es eficiente en el uso que hace de los recursos naturales, limpio en la medida en que minimiza la contaminación y los impactos ambientales, y resiliente ya que tiene en cuenta las amenazas naturales y el papel de la gestión ambiental en la prevención de las amenazas físicas. El crecimiento verde es actualmente parte permanente de la agenda global, y América Latina debe asegurar que su crecimiento económico es eficiente, inclusivo, limpio y resiliente.

El crecimiento verde es consistente con el desarrollo sostenible, no un modelo que compite con él. Ofrece un camino para el desarrollo que reconcilia la necesidad urgente de un crecimiento sostenido con el imperativo de evitar la dependencia de patrones de crecimiento insostenibles y daños ambientales irreversibles. El crecimiento verde no es un anticrecimiento; representa un cambio en cómo gestionamos la economía en favor de la sostenibilidad. Las políticas de crecimiento verde deben ser diseñadas cuidadosamente para maximizar los beneficios y minimizar los costos para la sociedad en general. Además, éstas políticas deberían considerar seriamente la mejora del desempeño ambiental y la atención a los menos favorecidos y más vulnerables.

El abastecimiento de agua y saneamiento tiene un papel integral en la agenda de crecimiento verde de las ciudades latinoamericanas y caribeñas. Es imposible imaginar la tendencia continua de urbanización en América Latina sin vincularla a un futuro más ecológico, construido sobre los principios de sostenibilidad –con agua potable limpia y saneamiento para todos; agua para la agricultura, la energía y la industria; protección contra las inundaciones urbanas, y con ríos, lagos, humedales y áreas costeras con vida. Se puede lograr esta visión del sector del agua en la mayoría de países de América Latina y el Caribe (ALC) en una generación – si se invierte lo suficiente y se toman decisiones acertadas respecto a las reformas del sector.

En este contexto de una agenda de crecimiento verde, los objetivos del sector de agua urbana son:

- La provisión de servicios de agua eficientes e inclusivos a tarifas razonables para todos.
- La provisión de servicios de agua que protejan el medio ambiente, gestionen el agua como un recurso natural escaso e incorporen el agua en el tejido urbano.
- El desarrollo de una resiliencia en la provisión de los servicios de agua que anticipe y responda a las sequías, las inundaciones y a otros eventos y condiciones ambientales sin comprometer significativamente la calidad del servicio.

## **Los servicios de agua eficientes e inclusivos y la agenda de crecimiento verde**

Una de las metas de los Objetivos de Desarrollo del Milenio era reducir a la mitad la brecha de la cobertura de servicios básicos de agua y saneamiento. Dada la rápida urbanización y los vaivenes económicos de las dos últimas décadas, los niveles generales de acceso a servicios mejorados de agua y saneamiento en las ciudades de América Latina son alentadores. Sin embargo, el panorama general oculta varios hechos desconcertantes (OMS y UNICEF, 2013, pp 34-35):

- Aproximadamente 36 millones de personas, principalmente en las áreas rurales, pero también un número significativo en las ciudades, carecen de acceso a agua segura.
- Unos 107 millones de personas carecen de acceso a un saneamiento mejorado.
- En la actualidad, solo cerca del 30 por ciento de las aguas residuales urbanas reciben tratamiento.
- Muchas empresas de agua urbana proporcionan bajos niveles de servicio en términos de continuidad, presión y calidad del agua, y afrontan dificultades financieras.

El acceso a agua (la tasa de cobertura del servicio) es relativamente alto en las áreas urbanas de la región. Según el Programa Conjunto de Monitoreo (JPM, por sus siglas en inglés), el 94 por ciento de la población tiene conexión por tubería en los locales donde residen (OMS y UNICEF, 2013, p. 35). El porcentaje de conexión ha aumentado en la última década, lo que indica que las empresas de agua han logrado ampliar las redes a un ritmo que supera el crecimiento de población urbana. Sin embargo, persisten las deficiencias. Las personas que no tienen una conexión municipal suelen vivir en áreas periurbanas o en asentamientos urbanos informales. Del 6 por ciento de la población urbana sin una conexión a agua entubada, la mitad recurre a fuentes alternativas clasificadas como mejoradas y la otra mitad a fuentes no mejoradas (OMS y UNICEF, 2013) para cubrir sus necesidades de agua. Sin embargo, el grado de potabilidad del agua que suministran estas fuentes alternativas es muy variable.

La cobertura de saneamiento sufre un importante rezago respecto al abastecimiento de agua en las ciudades de América Latina y los riesgos consiguientes para la salud pública y para el medio ambiente son sustanciales. El JPM estima que el 87 por ciento de las viviendas urbanas tenían saneamiento mejorado en 2011 (OMS y UNICEF, 2013, p. 35), lo que incluye conexión al alcantarillado y fosas sépticas, así como acceso a letrinas mejoradas y sanitarios de compostaje. El 13 por ciento restante de población urbana, que tiene que recurrir a instalaciones compartidas o deficientes,

vive principalmente en áreas periurbanas y asentamientos informales. Además, las ciudades generan cantidades importantes de aguas residuales, que a menos de ser tratadas, amenazan la calidad del agua, el medio ambiente y la salud pública.

En las áreas rurales, donde vive poco más del 20 por ciento de la población, el JMP estima que el 82 por ciento de los habitantes tenían acceso a abastecimiento de agua segura en 2011, pero solo el 64 por ciento tenía acceso a agua entubada en los locales donde residen. La tasa de cobertura en saneamiento es incluso inferior: solo el 63 por ciento de la población rural utiliza instalaciones sanitarias mejoradas (OMS y UNICEF, 2013, pp. 34-35). Muchas de las personas que no tienen esos servicios viven en áreas remotas y son miembros de comunidades indígenas.

### Cuadro 13.1

#### Promedio regional y zonas sensibles en materia de acceso a agua y saneamiento seleccionadas en América Latina y el Caribe, 2010

Región/país	Fuentes mejoradas de agua urbana (%)	Instalaciones mejoradas de saneamiento urbano (%)	Fuentes mejoradas de agua rural (%)	Instalaciones mejoradas de saneamiento rural (%)
Promedio de todos los países de América Latina y el Caribe	97	87	82	63
Bolivia	96	57	72	24
Nicaragua	98	63	68	37
Panamá	97	77	86	54
Perú	91	81	66	38

Fuentes: adaptado de OMS y UNICEF (2013, pp. 16-17 y 26-27)

Entre las tasas promedio, se pueden ver zonas sensibles con servicios de agua y saneamiento inadecuados. Algunos países de América Latina tienen niveles de cobertura muy inferiores al promedio regional (cuadro 13.1) y algunas regiones dentro de los países tienen niveles de cobertura mucho más bajos que su promedio nacional. Entre estos están el sur de México, la región amazónica de Colombia y la región noreste de Brasil.

El JMP refiere el uso de fuentes de agua mejoradas e instalaciones de saneamiento mejoradas. Sin embargo, incluso en el caso de fuentes de agua entubada proporcionadas por una empresa, la potabilidad del agua y la continuidad del servicio no están garantizadas –en muchas ciudades, el servicio es intermitente y el agua es insegura para tomar. Igualmente, una conexión a la red de alcantarillado no garantiza que las aguas residuales sean tratadas y evacuadas de manera adecuada. En muchas ciudades, el alcantarillado combina sistemas de aguas residuales y pluviales que fluyen, para su disposición, hacia el cuerpo de agua más cercano, que normalmente está contaminado.

Los bajos niveles de los servicios son generalmente consecuencia de la combinación de la ineficiencia de las empresas de agua urbana y de inversiones inadecuadas. Aunque en América Latina se encuentran algunas empresas de agua urbana de primera categoría a nivel mundial, muchas tienen un desempeño insuficiente en términos operativos y financieros (p. ej. agua no facturada, niveles de recaudación,

exceso de personal, eficiencia operativa y rentabilidad). Las causas varían de un caso a otro, pero muchas ciudades y países están todavía diseñando las políticas sobre estructura, regulación, alianzas público-privadas y financiamiento del sector del agua que son apropiadas para cumplir la agenda de crecimiento verde.

## **El crecimiento verde y la sostenibilidad ambiental**

Como ocurre en muchas partes del mundo, la extracción de agua a gran escala, la alteración de los cauces y las condiciones hidráulicas naturales, y la importante contaminación han tenido impactos ecológicos graves en los ecosistemas de agua dulce de América Latina. Muchos de ellos han sufrido pérdidas masivas en su biodiversidad y muchos otros han experimentado o están cerca del colapso debido a cuestiones relativas a la cantidad y calidad del agua. Esto es particularmente importante para las ciudades de la región por su dependencia de los ecosistemas de agua dulce para satisfacer sus necesidades en servicios de agua. Los ecosistemas de agua dulce están considerados los más amenazados del planeta, superando incluso a los bosques tropicales y los océanos (IUCN, 2000).

La falta de un tratamiento adecuado para las aguas residuales de las áreas urbanas es una causa importante de la degradación de los ecosistemas de agua dulce (y del litoral) y plantea uno de los mayores desafíos en la agenda de agua urbana de América Latina. El cuadro 13.2 resume los niveles estimados de tratamiento para países seleccionados. La mayoría de estos países participan en programas de inversión en aguas residuales de gran escala. Además de la construcción de plantas de tratamiento, hay otros desafíos que enfrentan las ciudades cuando intentan mejorar el medio ambiente. Conectar las viviendas, especialmente las de familias pobres, a un sistema colector de aguas residuales es frecuentemente problemático debido al costo, el amplio alcance comunitario que se necesita y –contrariamente al abastecimiento de agua– la falta de un incentivo fuerte para que las viviendas sean conectadas. Muchas plantas de tratamiento operan por debajo de su capacidad debido a un desarrollo inadecuado de los sistemas colectores de aguas residuales. La filtración de agua subterránea y la entrada de agua pluvial en los sistemas colectores de aguas residuales son problemas comunes que reducen la eficiencia de las plantas de tratamiento. Algunas de estas plantas no están totalmente operativas o no reciben un buen mantenimiento por falta de fondos.

Los costos de gestión de las aguas residuales son generalmente más altos que los de abastecimiento de agua. Esto se debe principalmente a que los costos de los colectores por gravedad son más altos que las conducciones de agua a presión, al igual que los costos de depuración de las aguas residuales contaminadas son mayores que los de purificar el agua para los sistemas de abastecimiento. Sin embargo, en muchas ciudades latinoamericanas, las empresas de agua enfrentan problemas de eficiencia y financieros simplemente para suministrar agua. La inclusión de servicios integrales de aguas residuales, con sus costos añadidos y exigencias de desempeño, requerirán en muchos casos mejoras financieras y operativas importantes de la empresa.



**Cuadro 13.2****Niveles estimados de tratamiento de aguas residuales para países seleccionados, 2011-2013**

País	Tratamiento de aguas residuales (%)	Año del dato
Brasil	30-35	2012
Colombia	25	2010
Chile	99	2012
México	41	2011
Perú	33	2010
Costa Rica	4	2013

Fuente: para Brasil, Reportlinker.com, 2014; para Colombia, Lopera Gómez et al., 2012; para Chile, SISS, 2012; para México, SEMARNAT, 2012; para Perú, WaterWorld (s.f.) y para Costa Rica, Programa Estado de la Nación, 2013

**Fomentar la resiliencia en las ciudades latinoamericanas**

Las inundaciones y las sequías amenazan la fiabilidad de los servicios de agua en las áreas urbanas de América Latina. El número de inundaciones y sequías importantes en la región parece haber aumentado en las últimas décadas y hay evidencias crecientes de que los patrones climáticos están siendo cada vez más extremos en América Latina (Vergara et al., 2013). Algunos de los mayores impactos previstos incluyen:

- La reducción de la cobertura de los glaciares en los Andes (los glaciares proporcionan flujos de agua críticos para muchas ciudades durante la temporada seca).
- El incremento de las inundaciones en las zonas del litoral.
- La desestabilización del ciclo hidrológico en las cuencas más grandes.
- La intensificación de eventos climáticos extremos.

Los eventos climáticos extremos tienen un amplio impacto económico por las interrupciones en la prestación de los servicios de agua. Las inundaciones paralizan la actividad comercial y causan daños a las propiedades y otros bienes. Actualmente, afrontar la escasez de agua y gestionar las sequías estacionales es un imperativo para la mayoría de las ciudades latinoamericanas. Asegurar un abastecimiento de agua fiable es esencial para tener un crecimiento urbano sostenible, pero, a medida que las ciudades crecen y se intensifican los extremos climáticos, está siendo más difícil encontrar agua suficiente para satisfacer las necesidades municipales e industriales. Afortunadamente, está apareciendo un nuevo conjunto de herramientas para afrontar los problemas de escasez que va siendo económicamente más viable. Estas herramientas abarcan desde medidas de conservación estándar hasta el desarrollo de fuentes alternativas, como aguas residuales regeneradas o la colecta de agua de lluvia de los tejados de los edificios, los cuales son componentes de un abordaje de crecimiento verde para los problemas de agua urbana.

Afrontar niveles más altos de precipitaciones y mayores riesgos de inundaciones urbanas exige prestar más atención a la gestión del agua pluvial urbana. Las lluvias en áreas urbanas equivalen a tener enormes cantidades de agua que deben ser gestionadas de manera adecuada para evitar la pérdida de vidas, la inundación de las calles con los consiguientes problemas de tránsito y daños a los edificios y

las propiedades. Sin embargo, en la mayoría de las ciudades latinoamericanas, la planificación, el financiamiento y la gestión del drenaje de aguas pluviales reciben una atención limitada. El financiamiento generalmente viene del presupuesto municipal, en lugar de las tarifas a los usuarios o un impuesto especial, y a menudo es poco fiable. La gestión de los sistemas de drenaje es generalmente responsabilidad de una agencia de obras públicas municipales generales, que no necesariamente puede administrar el sistema como un servicio de interés público.

Está surgiendo una alternativa a la canalización directa del agua pluvial por las redes de conductos y cloacas hacia las corrientes de agua cercanas, denominada sistema de drenaje urbano sostenible (SDUS) (Sharma, 2008; British Geological Survey, s.f.). Imitando los drenajes naturales, estos nuevos sistemas buscan: i) reducir las escorrentías de agua pluvial mejorando la infiltración en el suelo, ii) usar áreas de almacenamiento, como los estanques, para ayudar con los picos de flujo y iii) reducir la contaminación mediante un mejor control de fuentes no puntuales. Esto es crecimiento verde en acción. Sin embargo, para que los programas de SDUS sean efectivos, deben estar estrechamente ligados al desarrollo urbano y las prácticas de gestión.

## **El costo de invertir en crecimiento verde en las ciudades latinoamericanas**

Es difícil conocer con certeza el costo de actualizar la infraestructura urbana existente. Una estimación realizada por la Corporación Andina de Fomento (CAF) -Banco de Desarrollo de América Latina- sitúa el total de inversión necesaria para 2010-2030 (a fin de proporcionar servicios universales de agua y saneamiento en las áreas urbanas marginadas de América Latina) en casi 250.000 millones de dólares (CAF, 2013, pp. 48-49). Esto equivale a inversiones anuales de unos 12.500 millones de dólares, o el 0,31 por ciento del producto interno bruto de la región (PIB) (CAF, 2011; 2013).

## **Políticas y regulación de agua: promover la próxima generación de reformas**

Desde la década de 1990, América Latina ha estado a la vanguardia de la puesta en marcha de reformas de política pública para impulsar la inversión y mejorar la calidad del servicio en el sector del agua. Estas reformas han aportado beneficios reales, como evidencian las ampliaciones de la cobertura de los servicios y las mejoras en su calidad; sin embargo, los desafíos futuros siguen siendo sustanciales y necesitarán reformas aún más profundas y efectivas, y estar acompañadas de inversiones a gran escala. Muchos gobiernos de la región han formulado visiones estratégicas para el futuro que son generalmente alcanzables si estos gobiernos crean marcos propicios adecuados. La experiencia de Chile ilustra la viabilidad de avances rápidos y sostenibles (recuadro 13.1).

El eje general de las reformas desde 1995 ha sido separar los órganos que elaboran las políticas públicas, de los reguladores y los prestadores de servicios, y asegurar que cada entidad tiene una capacidad y autoridad adecuadas para llevar a cabo sus tareas. Muchas de estas reformas están en curso en algunos países. En última instancia, la eficacia de las políticas del sector del agua -tales como los subsidios a la inversión y las tarifas, las regulaciones, los estándares ambientales o el uso de enfoques de crecimiento verde- pueden ser valorados en función de si ofrecen servicios de agua de manera eficiente e inclusiva, lo que todavía no es el caso en muchos países de

América Latina. A continuación se presentan los esfuerzos de reforma clave realizados en algunos de los mayores países de la región.

*Argentina* ha tenido dificultades para incorporar la participación del sector privado en el sector del agua. En la década de 1990, como parte de una política nacional de privatización más amplia, muchas ciudades (especialmente Buenos Aires) firmaron contratos de concesión a largo plazo con compañías de agua privadas. A principios de la década de 2000, más del 70 por ciento de la población urbana recibía servicios de una compañía de agua privada –la mayoría de ellas, compañías internacionales. Después de la crisis económica de principios de la década de 2000 y la pérdida de la convertibilidad de su divisa con el dólar estadounidense, muchos de los contratos de concesión se desmoronaron, incluida la notoria concesión de Buenos Aires. No obstante, en las provincias se mantuvieron algunas compañías de capital mixto viables y hay al menos diez concesiones de agua que dan servicio a aproximadamente el 20 por ciento de la población urbana (Banco Mundial, 2009).

### Recuadro 13.1

#### La experiencia chilena de reformas del sector del agua

El abastecimiento de agua y saneamiento en Chile se caracteriza por altos niveles de acceso y buena calidad de los servicios. El sector del agua de Chile es único en la región porque todas las compañías de agua urbana son propiedad o están operadas por el sector privado. Antes de la privatización, que comenzó en 1998, el Gobierno ya había creado organismos reguladores de los servicios y económicos adecuados, e invertido considerablemente en el sector. Como resultado, en 1990, el 97 por ciento de la población urbana tenía ya conexión de agua y el 82 por ciento disponía de saneamiento mejorado.

Según la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), la agencia reguladora chilena, el acceso a abastecimiento de agua en las áreas urbanas de Chile era del 100 por cien y el saneamiento mejorado del 98 por ciento en 2010. La calidad del servicio es generalmente buena y el abastecimiento de agua es continuo, tanto en las áreas urbanas como en las áreas rurales concentradas. Respecto a las aguas residuales, el 83 por ciento recibía tratamiento en 2010.

La responsabilidad de la política en el sector del agua en Chile recae principalmente en el Ministerio de Obras Públicas, que ofrece concesiones y promueve el abastecimiento de agua y saneamiento rural mediante su Departamento de Programas de Saneamiento. La responsabilidad de la regulación es compartida por la SISS y el Ministerio de Salud, que controla los estándares de calidad del agua potable, tanto en áreas urbanas como rurales. Para garantizar la independencia política, la SISS es una entidad descentralizada con presupuesto propio. Tiene el derecho de imponer multas a los proveedores de servicios que violan la normativa; la recaudación de estas multas va directamente a su presupuesto. La SISS también responde a las quejas de los consumidores.

Los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento en las áreas urbanas de Chile son proporcionados por más de 50 entidades, pero solo ocho compañías sirven al 85 por ciento de la población, de las cuales, dos dan servicio a la mitad de la población. En las áreas rurales, las cooperativas locales de agua y los comités de agua proporcionan servicios de abastecimiento de agua a casi 1,7 millones de consumidores rurales. En las áreas rurales concentradas se ha logrado un desarrollo significativo gracias al Programa Nacional de Agua Potable Rural.

Las tarifas de agua en Chile difieren significativamente entre las regiones, lo que refleja diferencias en el costo del suministro de servicios de agua y saneamiento. En 2010, las tarifas en las áreas urbanas variaban entre 0,80 USD/m<sup>3</sup> y 4,10 USD/m<sup>3</sup>. En las áreas rurales, las tarifas cubren solo los costos de operación y mantenimiento. Los sistemas de agua y saneamiento no reciben subsidios directos y están financiados mediante el mercado de capitales y, en última instancia, por las tarifas a los usuarios. Pero Chile tiene un sistema de verificación innovador que permite a los hogares pobres elegibles recibir un subsidio administrado por el municipio para cubrir algunas de sus facturas de agua y saneamiento. El subsidio está orientado para beneficiar únicamente a los hogares en el umbral de pobreza incapaces de pagar los servicios de agua y saneamiento. Los sistemas de agua rurales reciben un subsidio parcial de inversión definido en la *Ley de Subsidio al Agua Potable y Saneamiento*.

Fuente: Frei Ruiz-Tagle (2013)

El sector del agua de *Brasil* se caracteriza por tener grandes compañías de agua a nivel de estado y experimentar con cautela con las alianzas público-privadas (APP). El Ministerio de las Ciudades es responsable del conjunto de políticas públicas del sector, en coordinación con la Agencia Nacional del Agua, la cual es responsable de la gestión de los recursos. En el pasado, los estados eran responsables del servicio de agua, pero desde la adopción de la Constitución de 1988 esta responsabilidad ha recaído en las municipalidades, la mayoría de las cuales continuaron con las compañías de agua estatales. Hay 27 compañías de agua estatales y unas 580 empresas de agua municipales. Además, hay 14 agencias reguladoras estatales, cuya autoridad y capacidad varía notablemente. Un número creciente de empresas públicas de agua están estableciendo alianzas público-privadas (APP), particularmente para proporcionar servicios de aguas residuales que necesitan grandes inversiones (Douglas-Watson, 2011).

Ante el enorme retraso de las inversiones en saneamiento, muchas compañías de agua están estableciendo APP para impulsar la inversión y mejorar la eficiencia. Una iniciativa reciente notable es la de la empresa de agua del estado de Pernambuco, COMPESA, que en 2013 firmó un acuerdo de concesión para el saneamiento de 4.500 millones de reales (2.300 millones de dólares) con un consorcio privado (BN Americas, 2013). La concesión cubre 15 ciudades en la región metropolitana de Recife, la capital del estado, tiene una duración de 35 años e involucra ampliar los servicios para aguas residuales a aproximadamente 4 millones de personas. El socio privado proporcionará el 70 por ciento del financiamiento necesario y tendrá que impulsar la recolección y tratamiento de aguas residuales del 30 por ciento hasta el 90 por ciento en los primeros 12 años.

*Chile* es un caso único en la región que ha logrado crear una política fuerte y un contexto regulatorio que ha permitido a las empresas privadas asumir la responsabilidad del servicio (recuadro 3.1). La clave del éxito temprano de Chile fue crear una política

operativa y un contexto regulador que ponía énfasis en el autofinanciamiento, la rendición de cuentas y el apoyo gubernamental cuando es necesario. Chile tiene también una política tarifaria bien focalizada y bien estructurada para familias de bajos ingresos, que no perjudica la estabilidad financiera de la empresa de agua. La introducción del sector privado desde 1998 ayudó a atraer nuevas oleadas de inversión para financiar el tratamiento de aguas residuales y modernizar la infraestructura de agua y saneamiento. La estructura del sector del agua de Chile se caracteriza por tener empresas regionales relativamente grandes, capaces de ofrecer economías de escala y una regulación simplificada (Frei Ruiz-Tagle, 2013).

En *Colombia* el servicio de agua está descentralizado en las 1.119 municipalidades. El viceministro de Agua, dentro del Ministerio de Vivienda, determina la política nacional y la planificación para el sector (Banco Mundial, 2009). En 1994 fue promulgada una ley de servicios públicos que exigía a los municipios usar compañías especializadas en agua, ya fueran entidades públicas, privadas o de capital mixto. El resultado ha sido una amplia variedad de modelos institucionales, incluidas las compañías públicas de agua de Bogotá, Medellín y Cali, y acuerdos de APP en Cartagena y Barranquilla. Un número creciente de ciudades de tamaño más pequeño y mediano están recurriendo a operadores privados especializados, pero la calidad y la cobertura de los servicios son generalmente inferiores a los de las grandes ciudades en el resto del país. Colombia tiene un sistema singular de tarifas escalonadas por el que las familias con altos ingresos pagan más por los servicios y de esta forma subsidian de forma cruzada a los hogares de bajos ingresos. Aunque esto funciona bien en la mayoría de las ciudades, en algunas de las ciudades más pobres y pequeñas, los subsidios cruzados son insuficientes y los gobiernos municipales son incapaces o no desean proporcionar subsidios completos para las compañías de agua, lo que genera una presión financiera sobre muchas empresas de agua.

## Principios para apoyar la agenda de reformas

A medida que los países latinoamericanos avanzan en la agenda de reformas del sector del agua en el contexto del objetivo más global de crecimiento verde, se proponen los siguientes principios:

*Coherencia y compromiso de la política pública.* El sector del agua abarca diferentes dimensiones, a las que aquí se hace referencia como la ‘combinación de políticas’, y cada dimensión tiene su propio conjunto de alternativas. Más adelante, se presentan algunas de estas dimensiones clave. El objetivo del Gobierno es garantizar que la combinación de políticas es coherente para que el conjunto del sector tenga un buen desempeño. Esto no es una tarea fácil y cada país tendrá un conjunto de políticas propio que será adecuado a su contexto específico. El factor más importante para el éxito es un compromiso sostenido del Gobierno para ajustar con el paso del tiempo la combinación de políticas, según las necesidades para mejorar el desempeño del sector.

*Estructura industrial y descentralización.* Los servicios de agua pueden ser suministrados a nivel municipal, regional o nacional. En algunos países de América Latina, los servicios de agua son responsabilidad de los gobiernos municipales, a menudo por mandato constitucional. Una fragmentación excesiva de los servicios de agua, especialmente en los municipios más pequeños, pueden generar problemas de economías de escala y complicar la normativa económica y del servicio. En algunos países, como México y Colombia, la estructura de la industria está relativamente descentralizada y muchas pequeñas ciudades tienen dificultades para proporcionar servicios eficientes. En cambio, en Chile y Brasil, están relativamente centralizados con

empresas regionales que proporcionan la mayoría de los servicios de agua. Algunos países de tamaño menor, como Uruguay (OSE) y Nicaragua (ENACAL), tienen empresas de servicios de agua nacionales. Cada país debe buscar una 'estructura industrial' adecuada dentro de su 'matriz general de políticas públicas' para garantizar la eficiencia y las economías de escala.

**Estructura regulatoria.** Los servicios de agua y saneamiento son monopolios naturales y, por consiguiente, tanto la calidad como el precio del servicio deben estar regulados de alguna forma para proteger el interés público. Cada país ha abordado este problema a su manera, con diferentes grados de éxito. Colombia ha creado agencias separadas para la regulación económica y la regulación del servicio a fin de supervisar a las compañías de agua municipales.<sup>1</sup> Muchos estados brasileños tienen agencias regulatorias estatales para los servicios públicos, incluidos los de agua y saneamiento. En México, la supervisión de las compañías de agua municipales es generalmente realizada por comisiones de agua estatales. Desafortunadamente, muchas agencias regulatorias independientes afrontan problemas como el de su autoridad real, la interferencia política y los recursos inadecuados. Se ha creado una organización regional de entidades reguladoras, ADERASA, para compartir información sobre la regulación de los servicios públicos y, con el tiempo, los países están aprendiendo a perfeccionar sus regímenes normativos. La calidad de los servicios puede variar considerablemente a falta de un régimen regulatorio efectivo a nivel nacional o regional, lo que a menudo está relacionado con la calidad de la gobernanza municipal.

**Asociaciones público-privadas (APPs).** La privatización fue el grito de guerra de las reformas del sector del agua en América Latina en la década de 1990, pero la experiencia ha sido poco satisfactoria—Chile es el único que ha logrado una privatización completa. Sin embargo, gradualmente, y a medida que acumula experiencia, América Latina está desarrollando modelos de APP innovadores que responden a su situación concreta. Ciudades de Colombia, como Barranquilla y Cartagena, han adoptado un modelo de APP en el que el financiamiento viene principalmente del sector público, pero la experiencia en gestión procede de socios del sector privado. En México, se está impulsando la ayuda del sector privado para financiar y operar las muy necesarias plantas de tratamiento de aguas residuales, principalmente mediante modelos de construcción-transferencia-operación (BOT, por sus siglas en inglés). Algunas empresas de agua estatales de Brasil están aprobando 'concesiones sanitarias' con empresas privadas para lograr sus objetivos ambientales. En São Paulo, la compañía de agua estatal SABESP ha emitido acciones en los mercados bursátiles de Nueva York y São Paulo para reunir capital y asegurar la disciplina y la transparencia del Gobierno. Muchas empresas de servicios de agua de propiedad pública están buscando alianzas estratégicas con compañías privadas para reforzar su eficiencia.

**Política financiera.** Ofrecer servicios de agua con una alta calidad en el contexto de un país en desarrollo es muy retador precisamente porque, al menos en comparación con los países de la OCDE de ingresos más altos, hay menos recursos disponibles para pagar las tarifas a nivel de hogar o para financiar la infraestructura a nivel gubernamental. Por tanto, los gobiernos deben desarrollar cuidadosamente políticas financieras apropiadas que tengan en cuenta lo que se denomina como las '3T'.<sup>2</sup>

El término '3T' se refiere a las tres fuentes principales de financiamiento para los servicios de agua: las *tarifas* a los usuarios; los *tributos*, ya sean específicos o generales y aplicados generalmente a nivel municipal; y las *transferencias* de los gobiernos nacionales o estatales o de donaciones extranjeras. La combinación exacta puede variar y de hecho varía, pero si la suma de las '3Ts' es insuficiente para cubrir los costos reales de inversión, operación y mantenimiento, los servicios de agua no pueden ser sostenibles a largo plazo. Las empresas de servicios de agua eficientes

pueden reducir los costos tomando decisiones sensatas de inversión y recortando gastos operacionales; igualmente, una empresa de agua eficiente con un flujo de caja fuerte y estable puede atraer financiamiento a bajo costo.

En la mayoría de las ciudades latinoamericanas con ingresos medianos, la mayoría de los habitantes puede pagar el costo total del servicio de abastecimiento de agua y saneamiento. El servicio para agua pluvial generalmente se paga mediante la tributación municipal, aunque en algunos casos se puede añadir un impuesto específico para agua pluvial a los impuestos sobre la propiedad. Sin embargo, las tarifas de agua y saneamiento se mantienen a menudo por debajo del nivel de recuperación de costos por razones políticas o por preocupaciones sobre equidad social relacionadas con la asequibilidad y la accesibilidad. Muchas ciudades de América Latina necesitan un diseño de tarifas y políticas de subsidio más inteligentes para lograr el doble objetivo de sostenibilidad financiera de los servicios de agua y protección de los hogares con bajos ingresos.

## **Vinculación del crecimiento verde con las instituciones de gobernanza del agua**

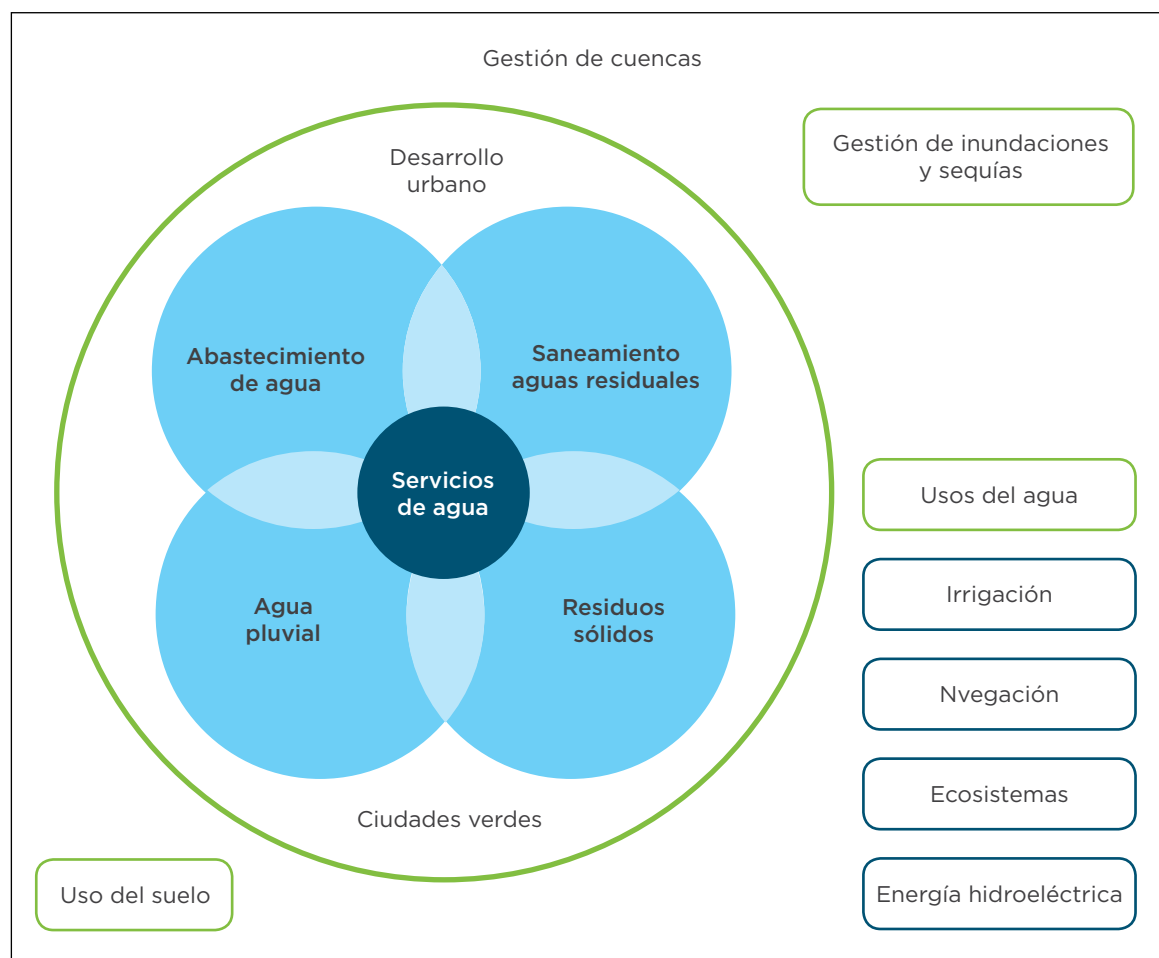
El abastecimiento de agua, el saneamiento y la gestión de aguas residuales, el drenaje de agua pluvial y los residuos sólidos son componentes del entorno hidrológico e institucional más amplio. El concepto de *gestión integrada del agua urbana* integra esos componentes con la planificación del uso del suelo y el desarrollo económico (Bahri, 2012). El concepto ayuda a captar la relación de una ciudad (y sus servicios de agua) con el contexto más amplio de los recursos hídricos, en estrecha conexión con las dinámicas de desarrollo urbano. La adopción exitosa del enfoque (figura 13.1) será central para lograr los objetivos de crecimiento verde de servicios de agua eficientes, inclusivos, limpios y resilientes dentro de una sostenibilidad económica y ambiental general.

La calidad de los servicios de agua de una ciudad depende del marco general de gestión de los recursos hídricos: el abastecimiento de agua urbana en América Latina y el Caribe, por lo general, representa entre el 20 y el 30 por ciento de las extracciones de agua de un país, y la distribución de los recursos y los derechos al agua son fundamentales para garantizar una fuente de agua fiable.<sup>3</sup> Las inundaciones causadas por los ríos de una región generalmente requieren una perspectiva de gestión de toda la cuenca. El drenaje de agua de lluvia en áreas urbanas puede verse obstaculizado por los altos niveles de agua en los ríos que las reciben; igualmente, los ríos pueden desbordarse o reventar los diques de control de las inundaciones y causar inundaciones urbanas catastróficas. Generalmente, las agencias nacionales y regionales de gestión de los recursos hídricos son responsables de la distribución del agua y de la infraestructura hidráulica regional, la gestión de los ríos y la gestión integrada del agua.

La gestión de los recursos hídricos está íntimamente ligada a la *gestión ambiental*, lo que incluye proteger los ecosistemas acuáticos y establecer objetivos ambientales sobre calidad del agua y estándares de efluentes de aguas residuales. Los requisitos normativos de calidad del agua generalmente determinan el grado con el que se deben tratar las aguas residuales municipales y a veces las aguas pluviales y, en consecuencia, tienen un importante impacto sobre los costos de la empresa de agua. Las empresas de agua y sus gobiernos municipales deben coordinarse con las instituciones de gestión ambiental y de los recursos hídricos, y ser participantes activos de la definición de políticas para asegurar que se protegen sus intereses y que el agua es gestionada de manera sostenible.

Los servicios de agua están integrados en el tejido urbano y deberían ser incorporados a la planificación urbana. Los modelos de desarrollo espacial influyen significativamente en los servicios de agua. La densidad del desarrollo urbano determina el alcance de las redes de distribución y recolección de agua. Las ciudades latinoamericanas se caracterizan normalmente por altos niveles de dispersión, lo que requiere más kilómetros de conducciones y generalmente costos más altos de bombeo, incrementando así los costos de inversión y operación. La medida en la que el suelo puede filtrar de forma natural el agua de lluvia o en la que ésta puede ser almacenada temporalmente en lugares naturales como estanques o humedales, determina las necesidades de conducciones de drenaje y estaciones de bombeo. Las ciudades que preservan espacios abiertos o toman medidas para almacenar temporalmente flujos máximos de agua de lluvia pueden reducir de manera significativa los costos de gestión del agua pluvial – al tiempo que incorporan los cuerpos de agua al paisaje urbano. Sin embargo, con frecuencia se da poca importancia a los temas del agua en la planificación urbana, dejando que las empresas de agua de América Latina respondan simplemente a las dinámicas urbanas en lugar de influir en el desarrollo urbano de forma proactiva para reforzar el crecimiento verde.

**Figura 13.1**  
**El concepto de gestión integrada del agua urbana**



Fuente: Banco Mundial (2012, figura 2)



## Conclusiones

La agenda de crecimiento verde está ya establecida de forma permanente en la escena política mundial. América Latina necesita asegurarse de que su impresionante crecimiento económico reciente es eficiente, inclusivo, limpio y resiliente –la piedra de toque del crecimiento verde. El sector del agua urbana desempeñará un papel clave, sin duda crítico, por su influencia en la trayectoria general del crecimiento sostenible en la región.

Hay todavía muchos desafíos en América Latina. Aunque con el paso de las décadas, la cobertura de servicios de suministro de agua ha logrado seguir el ritmo acelerado de la urbanización, las áreas periurbanas y rurales han sido a veces descuidadas. Los niveles de servicio, en términos de continuidad, presión y calidad del agua potable, son a menudo inaceptablemente bajos. Y muchas ciudades de renta media están afrontando el doble desafío de gestionar las aguas residuales y las aguas pluviales, para lo que se necesitan enormes inversiones.

Está claro que, para afrontar muchos problemas relativos al agua y al saneamiento urbano en América Latina, se deben poner en marcha las ideas y las soluciones de crecimiento verde. No porque el crecimiento verde sea la segunda mejor opción cuando se compara con las ideas y soluciones adoptadas históricamente para los temas de agua en muchas partes del mundo desarrollado (donde el crecimiento verde está ahora consolidándose con fuerza), sino porque las ideas y las soluciones de crecimiento verde son nuevas, adaptables y sin duda mejores que los enfoques del pasado, que no consideraban las múltiples dimensiones y las complejidades del diseño de soluciones realmente sostenibles para los problemas de crecimiento económico y ambiental.

Las ciudades latinoamericanas deberían abordar los desafíos del sector del agua con el apoyo total y activo de los gobiernos nacionales en dos frentes. Primero, pese a dos décadas de iniciativas en políticas públicas, es necesario promover la próxima generación de reformas. Cada ciudad tiene su propio contexto histórico y político y no existen políticas predeterminadas que aseguren el éxito. La clave es continuar experimentando hasta lograr la combinación de políticas correctas con relación al crecimiento verde; la estructura del sector del agua y la descentralización; los mecanismos regulatorios; la recuperación de costos; las tarifas, los tributos y las transferencias (las 3T); y las APP.

Segundo, se deberían establecer lazos y una coordinación más fuertes con regímenes más amplios de gestión de los recursos hídricos y del medio ambiente, y se debería incorporar, tanto como sea posible, el agua en los planes de planificación urbana. Esta incorporación también desempeña un papel determinante en el crecimiento verde, cuyo ideal es una integración realmente exitosa de las consideraciones económicas y ambientales sostenibles. Se está volviendo cada vez más difícil, si no imposible, que el sector del agua aborde los desafíos de agua potable, las aguas residuales y las aguas pluviales de forma independiente, sin participar activamente en la formulación de políticas de medio ambiente, energía, transporte y gestión urbana en general. Los principios y fundamentos subyacentes del crecimiento verde proporcionan un camino prometedor para hacerlo así en el futuro.

### Notas

- <sup>1</sup> El regulador económico es la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA). El servicio regulador es la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliario (SSPD).

<sup>2</sup> Se puede ver una explicación más detallada de estos conceptos en el capítulo 3.

<sup>3</sup> Véase “AquaStat: Resumen general: América Latina y el Caribe”, en [www.fao.org/nr/water/aquastat/regions/lac/index4.stm](http://www.fao.org/nr/water/aquastat/regions/lac/index4.stm)

## Referencias

- Bahri, A. (2012). *Integrated urban water management*, Comité Técnico de la Asociación Mundial para el Agua, consultado el 3 de mayo de 2014, [http://www.gwp.org/Global/Activities/News/August%202013/GWP%20Policy%20Brief\\_TEC%2016\\_FINAL.pdf](http://www.gwp.org/Global/Activities/News/August%202013/GWP%20Policy%20Brief_TEC%2016_FINAL.pdf))
- Banco Mundial (2005). *Models of aggregation for Water and sanitation provision. Technical report*, Banco Mundial, Washington, D.C.
- Banco Mundial (2009). *Public-private partnerships for urban water utilities: A review of experiences in developing countries*, Grupo del Banco Mundial, Washington, D.C., consultado el 6 de mayo de 2014, <http://elibrary.worldbank.org/doi/book/10.1596/978-0-8213-7956-1>
- Banco Mundial (2012). *Integrated urban water management. A summary note*, Grupo del Banco Mundial, consultado el 6 de mayo de 2014, <http://siteresources.worldbank.org/INTLAC/Resources/2578031351801841279/1PrincipalIntegratedUrbanWaterManagementENG.pdf>
- BN Americas (2013). Compesa, Odebrecht sign US\$2.3bn sanitation PPP in northeast Brazil, consultado el 3 de mayo de 2014, <http://www.bnamericas.com/news/waterandwaste/compesa-odebrecht-signus23bn-sanitation-ppp-in-northeast-brazil>
- British Geological Survey (s.f.). *Sustainable drainage systems (SuDS)*, NERC Science of the Environment, consultado el 3 de mayo de 2014, <http://www.bgs.ac.uk/suds/>
- CAF (Corporación Andina de Fomento) (2013). *Equality and social inclusion in Latin America: Universal access to water and sanitation*, Corporación Andina de Fomento, Caracas, consultado el 3 de mayo de 2014, <http://publicaciones.caf.com/publicacion?id=1594>
- CAF (2011). *La infraestructura en el desarrollo integral de América Latina. Diagnóstico estratégico y propuestas para una agenda prioritaria*, CAF, Caracas, consultado el 3 de mayo de 2014, <http://segib.org/actividades/files/2012/05/ideal2011.pdf>
- Douglas-Watson, J. (2011). *Environment and water opportunities in Brazil*, UK Trade and Investment, Londres, consultado el 1 de mayo de 2014, [www.ukti.gov.uk](http://www.ukti.gov.uk)
- Frei Ruiz Tagle, E. (2013). “A government perspective: the sanitation services revolution in Chile”, en CAF (ed.), *Equality and social inclusion in Latin America: Universal access to water and sanitation*, CAF, Caracas.
- IUCN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) (2000). Freshwater biodiversity in crisis, en *EarthTrends: Featured Topic*, Instituto de Recursos Mundiales, Washington, D.C.

- Lopera Gómez, M. J., Campos, S. M. y Olarte, B. C. (2012). *Segundo reporte nacional: producción de aguas servidas, tratamiento y uso en Colombia*, República de Colombia, Bogotá, Colombia, consultado el 6 de mayo de 2014, [http://www.ais.unwater.org/ais/pluginfile.php/378/mod\\_page/content/144/COLOMBIA.pdf](http://www.ais.unwater.org/ais/pluginfile.php/378/mod_page/content/144/COLOMBIA.pdf)
- OMS y UNICEF (2013). *Progress on drinking water and sanitation, 2013 update*, Programa Conjunto de Monitoreo para el Agua y el Saneamiento de OMS y UNICEF, Nueva York y Ginebra, consultado el 3 de mayo de 2014, [http://www.wssinfo.org/fileadmin/user\\_upload/resources/JMPReport2013.pdf](http://www.wssinfo.org/fileadmin/user_upload/resources/JMPReport2013.pdf)
- Programa Estado de la Nación (2013). *Decimonoveno informe Estado de la Nación en desarrollo humano sostenible*, Programa Estado de la Nación, San José, Costa Rica, consultado el 3 de mayo de 2014, <http://www.estadonacion.or.cr/estado-nacion/informe-actual>
- Reportlinker.com (2014). *Brazil wastewater treatment plants market forecast and opportunities, 2018*, PR Newswire, Nueva York, consultado el 3 de mayo de 2014: <http://www.prnewswire.com/news-releases/brazilwastewater-treatment-plants-market-forecast--opportunities-2018-240467461.html>
- SEMARNAT (2012). *Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales. Indicadores clave y de desempeño ambiental. Edición 2012*, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Ciudad de México, consultado el 6 de mayo de 2014, [http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe\\_12/pdf/Informe\\_2012.pdf](http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/pdf/Informe_2012.pdf)
- Sharma, D. (2008). "Sustainable drainage system (SuDs) for storm water management: A technological and policy intervention to combat diffuse pollution", *11th International Conference on Urban Drainage*, Asociación Internacional de Investigaciones Hidráulicas (AIH) y Asociación Internacional del Agua (IWA) Edimburgo, consultado el 6 de mayo de 2014, [http://web.sbe.hw.ac.uk/staffprofiles/bdgsa/11th\\_International\\_Conference\\_on\\_Urban\\_Drainage\\_CD/ICUD08/pdfs/753.pdf](http://web.sbe.hw.ac.uk/staffprofiles/bdgsa/11th_International_Conference_on_Urban_Drainage_CD/ICUD08/pdfs/753.pdf)
- SISS (2012). *Informe anual de coberturas urbanas de servicios sanitarios*, Superintendencia de Servicios Sanitarios, Gobierno de Chile, Santiago, consultado el 3 de mayo de 2014, [http://www.siss.gob.cl/577/articles-9886\\_recurso\\_1.pdf](http://www.siss.gob.cl/577/articles-9886_recurso_1.pdf)
- Vergara, W., Ríos, A. R., Galindo Paliza, L. M., Gutman, P., Isbell, P., Sudding, P. H., Samaniego, J. y Pachauri, R. (2013). *The climate and development challenge for Latin America and the Caribbean. Options for climate-resilient, low-carbon development*, Banco Interamericano de Desarrollo (BID) con el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Washington, D.C.
- Water World (s.f.). *Peruvian progress for widespread water coverage*, PennWell Corporation, consultado el 3 de mayo de 2014, <http://www.waterworld.com/articles/wwi/print/volume-27/issue-3/regionalspotlight/latin-america/peruvian-progress-for-widespread.html>

# 14 Los fondos de agua como herramienta para el abastecimiento de agua y la conservación de las cuencas en América Latina

*Fernando Veiga*

*Alejandro Calvache*

*Silvia Benítez*

*Jorge León*

*Aurelio Ramos*

## Introducción

En la última década han surgido en América Latina diversas iniciativas de fondos de agua. Los fondos de agua son acuerdos alcanzados por diferentes sectores de la sociedad cuya finalidad es ofrecer mecanismos de pago innovadores para invertir en infraestructura y programas verdes, como la conservación de cuencas, la restauración de los ecosistemas de agua dulce y pequeños negocios verdes. Las contribuciones de los consumidores de agua y de instituciones públicas y privadas interesadas en la conservación de las cuencas y la protección de las fuentes de agua generan ingresos sostenibles. Estos ingresos se obtienen en general de una combinación de los intereses producidos por los fondos provenientes de donaciones y otros ingresos, basados, por ejemplo, en las tarifas a los usuarios, las ordenanzas municipales o aportaciones privadas.

El primer fondo de agua latinoamericano fue creado en Quito, Ecuador, en el año 2000. Tras su exitosa implementación surgieron otras iniciativas similares en otros lugares de la región. Más recientemente, la Alianza Latinoamericana de Fondos de Agua -una iniciativa conjunta de la organización The Nature Conservancy, Fundación FEMSA, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM)- se ha convertido en un importante motor para el establecimiento de Fondos de Agua en la región. A finales de 2013, había 17 fondos de agua operando en cuencas que proporcionaban agua a aproximadamente 34 millones de personas que viven en varias de las grandes ciudades latinoamericanas, desde Monterrey, en México, hasta São Paulo, en Brasil. Actualmente, están en proceso de diseño y negociación otros 15 fondos de agua, por ejemplo en la Ciudad de México y en Santiago de Chile. Mediante estos procesos, se han involucrado a más de 100 socios (instituciones públicas y privadas relevantes en el ámbito local y regional).

Estas ciudades, como casi todas las ciudades en el mundo, dependen de ecosistemas naturales de agua dulce, como los *páramos* (pastizales de la alta montaña), bosques tropicales, pantanos o lagunas costeras, para obtener agua para el consumo humano, la industria, la generación de hidroelectricidad y otros usos. Estos ecosistemas están cada vez más amenazados por el crecimiento urbano y el cambio climático (Revenge y Mock, 1999). Los procesos de degradación y cambio en el uso del suelo, incluyendo la construcción de presas, la extracción de agua, la pesca excesiva, la minería, la contaminación y la conversión de los bosques en tierras agrícolas o para la ganadería, están causando transformaciones irreversibles en los sistemas naturales

que suministran agua y comprometiendo los servicios hidrológicos que estos sistemas proporcionan (EM, 2005; Célleri y Feyen, 2009).

Un ejemplo bien conocido de ciudad con un enfoque de infraestructura verde es Nueva York, que, en 1997, decidió invertir unos 1.500 millones de dólares en la gestión de cuencas para proteger la calidad del agua en lugar de invertir en nuevas plantas purificadoras de agua, cuya construcción habría costado a la ciudad 6.000 millones de dólares y 250 millones de dólares anuales para su operación (Appleton, 2002). De igual manera, el Fondo para la Protección del Agua (FONAG), creado en 2000 para proteger las fuentes de suministro de agua de Quito, apoya proyectos y programas de conservación de cuencas –principalmente la reforestación, programas para guardas forestales (vigilancia de áreas protegidas), así como el entrenamiento y el desarrollo de capacidades de las comunidades locales.

Este capítulo presenta los fondos de agua como una herramienta para el abastecimiento de agua urbana y la conservación de las cuencas en América Latina. Primero expone la razón fundamental que justifica estos fondos. El capítulo explica después cómo funcionan los fondos de agua y aborda el estado actual de su implementación en la región. Se presentan estudios de caso seleccionados para ilustrar aspectos clave. A continuación se exponen las lecciones y desafíos asociados con el diseño y la puesta en marcha de los fondos de agua, para finalizar el capítulo con conclusiones.

## La racionalidad que inspira los fondos de agua

### **Los servicios ecosistémicos**

Los fondos de agua se basan en el concepto de servicios ecosistémicos aplicados al agua dulce. Un ecosistema es un complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos y su entorno no viviente que interactúan como una unidad funcional. Los servicios ecosistémicos se definen como los beneficios que los seres humanos obtienen de ellos (Daily, 1997; EM, 2005). Según la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EM), los servicios ecosistémicos se pueden calificar en servicios de *aprovisionamiento* (alimentos, agua, madera y fibra), de *regulación* (clima, inundaciones, enfermedades, residuos y calidad del agua), *culturales* (proporcionando beneficios recreativos, estéticos y espirituales) y *esenciales* (la formación del suelo, la fotosíntesis y el ciclo de los nutrientes). El ser humano, aunque se protege de los cambios del ambiente mediante la cultura y la tecnología, depende completamente del flujo de servicios que prestan los ecosistemas. En el caso del agua dulce, los ecosistemas naturales proporcionan beneficios directos, como el control de la calidad del agua, la regulación hidrológica y la retención de sedimentos. Los bosques andinos de altitud y los páramos, por ejemplo, ayudan a mantener un abastecimiento constante de agua de buena calidad. Para muchas personas, la pérdida de estos ecosistemas tiene como consecuencia fenómenos que abarcan desde la inundación a la desertificación y la aridez del suelo, causando una pérdida drástica de la calidad del agua (Dudley y Stolton, 2005).

Los ecosistemas forestales pueden reducir el coeficiente de escorrentía en una cuenca hidrográfica al absorber el agua y retrasar la saturación del suelo (Johnson, 2000). Los suelos forestales normalmente tienen una capacidad de almacenamiento de agua superior a los suelos no forestales; la mayor complejidad de la estructura de la superficie forestal y del suelo subyacente permite una infiltración del agua y el filtrado de las sustancias contaminantes de manera más eficiente que en una cuenca desforestada. La eliminación de la cobertura forestal puede tener como consecuencia

un endurecimiento de la superficie del suelo lo que reduce o impide la filtración del agua y la recarga de agua subterránea. Los suelos forestales también reducen la erosión del suelo y la sedimentación de los cauces, y los sistemas de raíces extensos ayudan a mantener el suelo de manera más firme y resistir mejor a los deslizamientos comparado con las cuencas sometidas a la tala o muy alteradas. La cubierta forestal intercepta la lluvia y la nieve mientras que la vegetación de sotobosque y los lechos de hojas protegen el suelo del duro impacto de la lluvia que cae a través del follaje.

Pagiola (2002) establece claramente los vínculos entre los ecosistemas y los beneficios económicos que proporcionan a la sociedad, y menciona los siguientes servicios de agua dulce: i) la reducción de las descargas de sedimentos en los cauces, lo que disminuye la sedimentación en los embalses y los costos asociados a la producción y mantenimiento de los sistemas de riego, las plantas de energía hidroeléctrica, los sistemas de abastecimiento de agua y la pesquería; ii) la regulación de la distribución de los flujos de agua, de manera que disminuye el riesgo de inundación en la temporada húmeda y la probabilidad de escasez de agua en la temporada seca; iii) el incremento del volumen de agua disponible, ya sea durante todo el año o específicamente en la temporada seca, y iv) la mejora de la calidad del agua disponible para uso doméstico. Está claro que, en muchas circunstancias los ecosistemas desempeñan un papel en la provisión de servicios de agua, incluso si no siempre se comprende su naturaleza y alcance precisos por las limitaciones de los datos.

### ***Iniciativas económicas para la gestión sostenible de las cuencas***

Dado que los beneficios que brindan las cuencas hidrográficas son frecuentemente gratuitos, las empresas tienden a darlos por descontado hasta que el suministro de agua sufre presiones o cesa. Las tendencias sociales, demográficas y económicas sugieren que los recursos hídricos sufren presiones que aumentan dramáticamente del lado de la demanda y que son concomitantes con cambios perjudiciales en el uso del suelo de los ecosistemas de las cuencas, lo que, a su vez, amplifica la situación de estrés al aumentar la incertidumbre y la variabilidad del lado de la oferta. Los científicos prevén que, si la humanidad continúa su trayectoria actual, dos tercios de la población mundial sufrirá escasez de agua en 2025. Estos problemas, a menos que sean atendidos, reducirán sustancialmente los beneficios que las generaciones futuras obtendrán de los ecosistemas (EM, 2005; Tallis y Markham, 2012).

El punto más importante a tener en cuenta respecto a los servicios ecosistémicos de agua dulce es la relación causal entre el uso de suelo en las cabeceras de la cuenca hidrográfica y los efectos que tiene aguas abajo. Las corrientes de agua superficiales generalmente nacen en ecosistemas naturales a gran altitud, a menudo rodeadas de comunidades rurales agrícolas y ganaderas pobres cuyos cultivos y pastos dependen de la riqueza del suelo y las abundantes hierbas de los páramos y los ecosistemas forestales. Si se alteran estos ecosistemas naturales o si las tierras que ya han sido convertidas para la agricultura y la ganadería no son bien gestionadas, se pueden comprometer la calidad del agua, la regularidad de las corrientes y la biodiversidad (Goldman et al., 2010). Las personas que hacen uso de la tierra en los ecosistemas o cerca de los mismos generalmente no reciben compensación alguna por proporcionar servicios ecosistémicos. Por el contrario, el hecho de ofrecer esos servicios frecuentemente supone costos para esas personas al limitar las posibilidades en el uso que hacen de la tierra (Pagiola, 2002) o genera presiones sobre las personas que viven en esas áreas.

Una buena gestión e incentivos para la conservación de los ecosistemas naturales pueden proveer protección para las cuencas hidrográficas a largo plazo si los incentivos son suficientes para compensar a las personas que viven en la cuenca

alta (Goldman et al., 2010). Estos incentivos varían dependiendo del fondo de agua mediante el cual son aplicados, pero generalmente consisten en pagos directos de dinero, apoyo a las microempresas, como los viveros, y ayuda para la implementación de mejores prácticas para la gestión agrícola y ganadera. La idea básica es que los incentivos económicos que se den a los usuarios de la tierra (propietarios de tierras, comunidades tradicionales) en los tramos superiores de las cuencas sean la fuerza motora de los cambios en el uso del suelo –o para evitar cambios indeseables en el uso del suelo– que benefician a la provisión de servicios ecosistémicos de agua a los usuarios de las zonas inferiores de esa misma cuenca. La población que presta servicios aguas arriba recibe incentivos de los usuarios finales de los servicios aguas abajo. Entre estos usuarios están las empresas de agua públicas y privadas y las plantas hidroeléctricas; los distritos de riego y las asociaciones agrícolas; así como empresas privadas que producen cerveza, agua embotellada y otras bebidas, además de alimentos (Goldman et al., 2010).

Desde la perspectiva empresarial, el agua es un ingrediente clave en casi todos los procesos de producción. Se usa para limpiar, cocinar, enjuagar, enfriar, para canalizar los residuos y para el transporte. Además, la calidad del agua tiene impacto sobre el mercado inmobiliario, las operaciones de pesca comercial y el sector de recreación. En muchos sentidos, el agua tiene impacto y sufre el impacto de los negocios (Tallis y Markham, 2012). Para los usuarios finales, la principal motivación para invertir en la conservación será el mayor retorno de los servicios que valoran, partiendo de la comprensión de que es más barato invertir en la protección de la cuenca que mitigar los riesgos asociados a su degradación (Goldman et al., 2010). Otras motivaciones para las empresas son la responsabilidad social corporativa (RSC) y, a veces, la evaluación del impacto ambiental (EIA).

En el pasado, por lo general se consideraba incuestionable la disponibilidad de agua para procesos industriales y que asegurar el abastecimiento de agua era fácil y relativamente barato. Sin embargo, el número creciente de nuevos factores externos que influyen sobre los recursos hídricos y su gestión ha convertido el uso del agua en un riesgo mayor para la industria (WWAP, 2012). La operación efectiva de una industria requiere un abastecimiento sostenible de agua con una cantidad adecuada, una calidad adecuada, en el lugar adecuado, en el momento adecuado y al precio adecuado (Payne, 2007). La industria estará compitiendo cada vez más por recursos hídricos limitados a medida que aumenta la demanda y consumo de agua en todos los sectores, especialmente la agricultura, una actividad con importantes necesidades de agua. El impacto de la escasez de agua sobre la seguridad del abastecimiento de agua para la industria es percibido como un riesgo empresarial creciente. Las variaciones geográficas y estacionales agravan la situación, al igual que la distribución del agua y la necesidades de agua que compiten entre sí en una región determinada (p. ej., agricultura versus agua potable o el abastecimiento residencial versus el industrial).

Según Tallis y Markham (2012), el valor financiero del capital natural es más visible cuando se comparan los costos para proteger un ecosistema a fin de mejorar la calidad del agua o controlar las inundaciones con las inversiones en infraestructura nueva o gris mejorada. Las empresas se dan cuenta ahora de que las inversiones en capital natural pueden valer la pena porque los humedales, los bosques, las praderas y los hábitats costeros desempeñan muchas de las labores que realiza la infraestructura gris y a menudo lo hacen mejor y de una manera más eficiente y menos costosa. Para los grandes consumidores de agua, esta ventaja se refleja en costos evitados; por ejemplo, agua de más alta calidad con una reducción en los costos de tratamiento para las empresas de agua en las ciudades. Los costos de tratamiento del agua pueden ser enormes –e ir mucho más allá de las inversiones necesarias para mantener los ecosistemas de la cuenca hidrográfica en buenas condiciones de manera que realicen

la misma función. Puede ser más eficiente y benéfico invertir en la conservación de la cuenca (infraestructura verde) que cubrir los costos anuales de los filtros, la energía para retirar los sedimentos, las sustancias químicas para purificar el agua o nuevas plantas de tratamiento (infraestructura gris) (Tallis y Markham, 2012) –o combinar ambos enfoques.

Hay algunos buenos ejemplos de la motivación económica que tienen los fondos de agua. Un estudio apoyado por Empresas Públicas de Medellín (EPM) encontró que una pérdida en cobertura vegetal del 10 por ciento debido a una mayor deforestación en una región abastecedora de agua tendría como consecuencia un incremento promedio del costo mensual para purificación de 4,47 millones de dólares para la empresa de tratamiento primario del agua (Mendieta, 2012). Un estudio en el área metropolitana de São Paulo mostró que las inversiones en conservación destinadas a áreas prioritarias de servicios ecosistémicos pueden reducir la carga de sedimentos en el 50 por ciento, ahorrando unos 4,9 millones de dólares anuales en dos sistemas que proporcionan agua a la región metropolitana, basándose en costos evitados de tratamiento de agua y dragado (Souza, 2013). Los estudios de factibilidad desarrollados para los fondos de agua también han generado evidencias de los beneficios económicos.

## **Cómo funcionan los fondos de agua**

Los fondos de agua tienen tres componentes principales que, cuando se aplican juntos, han demostrado ser un mecanismo de pago por servicios ecosistémicos (PSE) fuerte e innovador. El primer componente es la constitución de una fuente de financiamiento sostenible a largo plazo que permita un plan de inversión también a largo plazo. El segundo es organizar a la mayoría de las partes públicas y privadas relevantes en la cuenca que tengan interés en su conservación en una entidad que tome decisiones y apoye la implementación de proyectos sobre el terreno. El tercer componente es un conocimiento científico sólido que soporta el proceso de priorización de los lugares de interés y las actividades que se deben realizar.

Juntos, los tres componentes promueven la sostenibilidad, la eficiencia en la asignación de recursos y una reducción de los costos de transacción. En última instancia, el mecanismo proporciona una fuente de financiamiento transparente de largo plazo administrada por un órgano decisorio multistitucional que decide cómo asignar de la manera más efectiva los ingresos del fondo ante demandas en competencia (Goldman et al., 2010). En algunos fondos, las contribuciones son voluntarias mientras que en otros son obligatorias por ley, según las políticas locales.

Cada fondo de agua tiene sus propios objetivos y metas, de acuerdo con su ubicación, pero en general los recursos financieros son invertidos en la conservación de las cuencas hidrográficas para mejorar o mantener los beneficios relacionados con el agua y regular los riesgos asociados al recurso hídrico (Goldman-Benner et al., 2012). Sus objetivos son: i) mejorar o mantener la calidad del agua y la cantidad de agua para los usuarios aguas abajo; ii) mantener los flujos regulares de agua durante todo el año; iii) reducir los eventos por inundación; iv) mantener o mejorar la biodiversidad natural del ecosistema, tanto de agua dulce como terrestre, y v) mejorar o mantener el bienestar de las personas y la calidad de vida de las comunidades que viven aguas arriba. Actividades típicas de conservación que son apoyadas por los fondos de agua son el cultivo de árboles nativos, el enriquecimiento forestal, la restauración del páramo, la recuperación del suelo, la construcción de cercas, la recuperación de especies nativas, el cultivo de contorno y en terrazas, la rotación de cultivos, la labranza de conservación, la rotación de pastos o la vigilancia de áreas protegidas.



La priorización de las actividades y la selección de los lugares donde serán implementadas responden a modelos hidrológicos que estiman la provisión de servicios ecosistémicos y evalúan el retorno de la inversión. Estos modelos permiten a los gestores de fondos de agua desarrollar escenarios que muestran respuestas en la provisión de servicios ambientales según los patrones de uso del suelo y las variaciones climáticas a lo largo del tiempo. Estos resultados son esenciales cuando se formulan los objetivos de los servicios ecosistémicos de los fondos de agua y se estiman los costos financieros relacionados con el logro de dichos objetivos (The Nature Conservancy, 2012). Los planes de conservación desarrollados con el uso de esos modelos de servicios ecosistémicos permiten a las partes interesadas de los fondos de agua identificar dónde y cómo se deben asignar inversiones para generar los mejores retornos en servicios ecosistémicos. Los debates basados en los modelos entre los principales usuarios de agua también contribuyen al proceso.

Las actividades en la cuenca son financiadas con los intereses producidos por el fideicomiso así como los ingresos adicionales obtenidos de los usuarios del agua o de otros donantes externos; una parte del capital puede ser utilizada para pagar proyectos de gestión de cuencas y costos operacionales. Esta proporción puede variar de un fondo a otro y de un inversor a otro. En Brasil, el mecanismo es ligeramente diferente del modelo de dotación de fondos de agua: bajo el Programa Productor de Agua, un concepto desarrollado por la Agencia Nacional del Agua brasileña, se utiliza un modelo de distribución anual en el que algunas de las tarifas de los consumidores de agua (u otras fuentes de financiamiento) son recolectadas y distribuidas cada año en lugar de ir a un fideicomiso. La figura 14.1 muestra las fuentes de financiamiento más comunes y cómo las actividades de conservación y las operaciones de fondos de agua son financiadas por los intereses de la dotación financiera.

## Implementación de los fondos de agua en América Latina

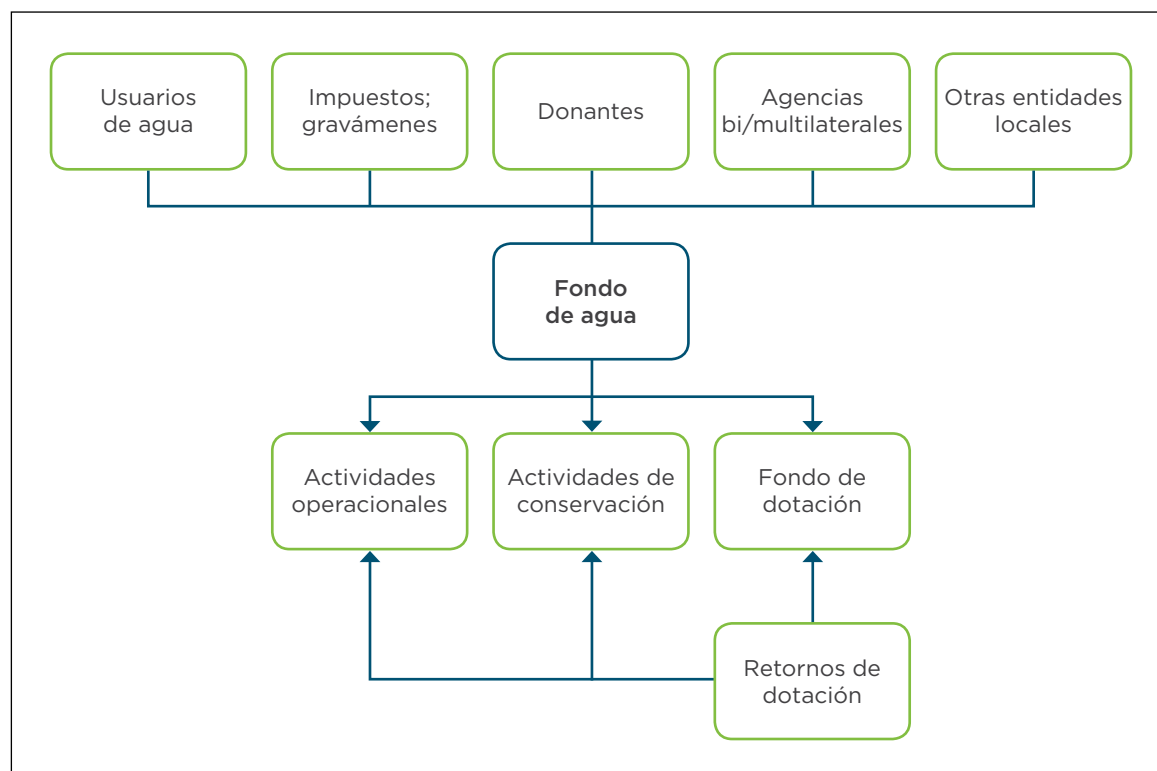
Basándose en el ejemplo pionero del FONAG en Quito, Ecuador, y las primeras experiencias del modelo brasileño, TNC y sus asociados locales están reproduciendo y mejorando el modelo de fondos de agua en varios países de América Latina y el Caribe, incluidos Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Guatemala, Honduras, Panamá, México, Perú, la República Dominicana y Venezuela. Los fondos del agua son reconocidos como el modelo de mayor crecimiento para el pago por la conservación de la cuenca en América Latina (Bennett et al., 2013).

Un hito clave para los fondos de agua en América Latina fue la creación de la Alianza Latinoamericana de Fondos de Agua por TNC (The Nature Conservancy), la Fundación FEMSA, el BID y el FMAM (Fondo para el Medio Ambiente Mundial; GEF por sus siglas en inglés) en junio de 2011. La Alianza tiene por objetivo apoyar el establecimiento de 32 fondos de agua en América Latina y el Caribe para 2016. Estos 32 fondos buscan recaudar un capital inicial de 27 millones de dólares para apoyar su establecimiento, así como inversiones por un valor de 143 millones de dólares de los principales usuarios de agua y 500 millones adicionales de otros contribuyentes. Los fondos serán utilizados en la conservación, recuperación y apoyo a las mejores prácticas de gestión de cuencas hidrográficas que cubren 28.000 km<sup>2</sup>, beneficiando potencialmente a 50 millones de personas.

La Alianza, además de apoyar el establecimiento de fondos de agua en toda la región, tiene los siguientes objetivos específicos: i) identificar y compartir las mejores prácticas; ii) desarrollar proyectos que se pueden beneficiar de un enfoque regional; iii) apoyar el monitoreo hídrico, ambiental y socioeconómico; iv) fomentar préstamos de las instituciones financieras multilaterales más importantes para infraestructura verde; v) apoyar la internalización de los costos de conservación de cuencas en las tarifas de agua; y vi) generar casos de negocio que puedan reforzar el enfoque de infraestructura verde.

**Figura 14.1**

**Esquema general de fondo de agua**



Fuente: The Nature Conservancy y Banco Interamericano de Desarrollo (2010, p. 8)

**Estado de implementación**

A finales del 2013, había 17 fondos de agua operando en algunas de las áreas metropolitanas latinoamericanas más importantes (figura 14.2). Hay otros 15 fondos de agua en las fases de diseño y negociación (cuadro 14.1). En los últimos seis meses de 2013 tuvo lugar el lanzamiento de cuatro fondos de agua: Monterrey en México, Medellín en Colombia y Santo Domingo y Yaque del Norte en la República Dominicana. Todos ellos tienen una amplia participación de representantes públicos y privados. Un ejemplo notable de esa participación fue el lanzamiento del Fondo de Agua de Monterrey en septiembre de 2013, al que se han asociado 62 instituciones públicas y privadas.

**Figura 14.2**  
**Fondos de Agua en América Latina y el Caribe, 2013**



Fuente: Cortesía de The Nature Conservancy.

**Cuadro 14.1****Ubicación y estado de fondos de agua en América Latina, diciembre de 2013**

Nombre del fondo de agua y país	Etapa			
	Evaluación de potencial	Diseño	Creado y en operación	Maduro
Fondo de Agua de Patagonia, Argentina	●			
Fondo de Agua de La Paz, Bolivia		●		
Fondo de Agua de la Cuenca del río Doce, Brasil	●			
Water Spring, São Paulo, Brasil	●			
Cuenca del Paraíba do Sul, Brasil		●		
Cuenca de Taquarussu, Palmas, Brasil		●		
Cuenca del Alto Tietê, São Paulo, Brasil		●		
Cuenca del Camboriu, Brasil				●
Fondo de agua del estado de Espírito Santo, Brasil				●
Cuenca del Guandu, Río de Janeiro, Brasil				●
Cuenca de PCJ, São Paulo, Brasil				●
Cuenca del Pípiripau, Brasilia, Brasil				●
Fondo de Agua de Santiago-Valparaíso, Chile		●		
Fondo de Agua de Barranquilla, Colombia	●			
Fondo de Agua de Cali, Colombia	●			
Fondo de Agua de Sierra Nevada, Colombia	●			
Fondo de Agua de Cartagena, Colombia		●		
Fondo Agua por la Vida y la Sostenibilidad del Valle del Cauca, Colombia				●
Fondo de Agua Somos de Bogotá, Colombia				●
Cuenca Verde-Fondo de agua de Medellín, Colombia				●
Fondo de Agua de San José, Costa Rica		●		
Fondo de Agua de Yaque del Norte, República Dominicana				●
Fondo de Agua de Santo Domingo, República Dominicana				●
Fondo de Agua de Sucumbios, Ecuador	●			
Fondo de Agua de Guayas-Guayaquil, Ecuador		●		
Fondo de Agua de Ayampe Puerto López, Ecuador		●		
Fondo del Agua para la Cuenca del Paute (Fonapa), Azogues, Ecuador				●

Nombre del fondo de agua y país	Etapa			
	Evaluación de potencial	Diseño	Creado y en operación	Maduro
Fondo de Agua de Procuencas, Zamora, Ecuador			●	
Fondo de Agua de Tungurahua Ambato, Ecuador			●	
FONAG-Fondo de Agua de Quito, Ecuador				●
FONCAGUA-Fondo de Agua de Ciudad de Guatemala		●		
Fondo de Agua de Tegucigalpa, Honduras	●			
Fondo de Agua de San Pedro Sula, Honduras	●			
Fondo de Agua de Cancún, Quintana Roo, México		●		
Fondo de Agua de Monterrey, México			●	
Fondo de Agua de Semilla de Agua, Chiapas, México			●	
Fondo de Agua del Valle de México, México	●			
Fondo de agua del Canal de Panamá, Panamá		●		
Fondo de Agua de Sixaola, Panamá		●		
Fondo de Agua de Arequipa, Perú	●			
Fondo de Agua de San Martín, Perú	●			
Fondo de Agua de Piura, Perú		●		
Aquafondo, Fondo de Agua de Lima, Perú			●	
Fondo de Agua de Mérida, Venezuela		●		

Fuente: The Nature Conservancy

Juntos, los fondos de agua han recaudado 66.056.089 dólares de contribuciones totales, que están destinadas a alimentar fondos fiduciarios, apoyar su gestión y las operaciones técnicas, así como la implementación de actividades de conservación sobre el terreno.<sup>1</sup> De esa cantidad, el 66 por ciento procede de fondos públicos, 28 por ciento de fondos privados y 6 por ciento de instituciones bilaterales y multilaterales y de organizaciones no gubernamentales. Los fondos de agua han estado apoyando actividades en un total de 220.194 hectáreas de tierra. De ese total, 94.085 hectáreas pertenecen a propietarios privados y 126.109 hectáreas son tierras públicas o comunales. Estas áreas están localizadas en cuencas hidrográficas que cubren casi 1,45 millones de hectáreas y que benefician a aproximadamente 34 millones de personas. Los fondos de agua han estado generando incentivos positivos basados en la conservación de la cuenca para 4.282 familias que viven en las partes altas de estas cuencas.

Las actividades más frecuentes apoyadas por los fondos de agua han sido el cercado de corredores ribereños, la restauración de las tierras degradadas, el uso de las mejores prácticas ganaderas, la reforestación con especies nativas y la formación y

capacitación. Este trabajo es realizado directamente con las comunidades locales, que normalmente viven en pequeñas propiedades, tierras comunales o áreas protegidas, que deciden participar de manera voluntaria en el fondo de agua. Las actividades financiadas les aportan beneficios directos, tales como un mejor abastecimiento de agua para su propio consumo, ingresos adicionales gracias a prácticas agrícolas y ganaderas más eficientes, apoyo a las microempresas y, en el caso de algunos fondos, especialmente en Brasil, pagos directos de dinero en efectivo. En la siguiente sección se presentan los casos de Quito y Bogotá, junto con algunas notas breves sobre la experiencia brasileña.

## **Estudios de caso**

### ***Fondo para la Protección del Agua (Fondo de Agua de Quito)***

El FONAG, o Fondo de Agua de Quito, fue el primer fondo de este tipo creado en América Latina. Los exitosos resultados de este modelo han llevado a replicarlo en la región y han generado interés en otros continentes. La idea de este mecanismo surgió en 1997 como respuesta a la preocupación que había por el abastecimiento de agua de Quito y la escasez de financiamiento para las áreas protegidas donde se encuentran las fuentes de agua (Calvache et al., 2012). Aproximadamente el 80 por ciento del agua de la ciudad de Quito, en Ecuador –una ciudad con casi 2 millones de habitantes– proviene de tres áreas protegidas y sus zonas de amortiguamiento: la Reserva Cayambe-Coca, la Reserva Antisana y el Parque Nacional de Cotopaxi. Estas áreas incluyen las cabeceras de más de 20 ríos y seis grandes cuencas hidrográficas y proporcionan un hábitat crucial para muchas especies de aves y mamíferos de Ecuador. Sin embargo, varias actividades amenazan esta biodiversidad y la disponibilidad de agua potable para el abastecimiento.

Buena parte de las presiones que sufre la tierra viene de las personas que viven en la cuenca porque sus medios de vida dependen de los recursos naturales. La disponibilidad de tierras productivas está disminuyendo a medida que los suelos pierden los nutrientes, forzando a las familias a desplazarse hacia la parte superior de la cuenca, al interior de los ecosistemas naturales –una mezcla de bosque y páramo–, que son reguladores hidrológicos fundamentales (Goldman-Benner et al., 2013). Se considera que el desarrollo de incentivos económicos que puedan aportar nuevas fuentes de ingresos para esas comunidades que viven aguas arriba, mediante actividades que reducen las amenazas a esas áreas o refuerzan su protección, ha sido la clave para mantener la provisión de esos servicios ecosistémicos vitales para Quito.

El enfoque financiero a utilizar fue evaluado por TNC y sus asociados, y seleccionado porque se consideraba que era sostenible ecológicamente, viable políticamente, eficiente y participativo (Krchnak, 2007; Goldman-Benner et al, 2013). La Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EMAAP-Q, actualmente EPMAPS) y TNC impulsaron la creación de este fondo fiduciario, establecido en 2000 como FONAG, un fondo de dotación planificado para un período de vida de 80 años. El fondo comenzó con un capital inicial de 21.000 dólares. Progresivamente se unieron otros participantes como miembros: la Empresa de Energía de Quito (EEQ) en 2001, Cervecería Andina (ahora conocida como Cervecería Nacional) en 2003, la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE) en 2005 y Tesalia Springs Co. (una empresa embotelladora de agua) en 2007. En 2010, el Consorcio de Capacitación para el Manejo de los Recursos Naturales Renovables (CAMAREN) también se convirtió en miembro del fondo fiduciario. Un paso crucial para la consolidación del FONAG fue la aprobación en 2004 de la ordenanza municipal que dedicaba al fondo el 2 por ciento de los ingresos por tarifas de agua recaudadas por EPMAPS.

La misión del FONAG es restablecer, cuidar y proteger las cuencas hidrográficas que abastecen de agua al Distrito Metropolitano de Quito y las áreas circundantes. Su visión es ser el agente movilizador para que todos los actores ejerzan su responsabilidad cívica en pro de la naturaleza, especialmente de los recursos hídricos. Y sus objetivos son liderar procesos y consensos –mediante el diálogo, la toma de decisiones adecuada, el fortalecimiento de la investigación y el uso apropiado de la tecnología– para lograr una gestión integrada de los recursos hídricos, en la que una participación responsable y activa basada en la solidaridad lleve a una gestión sostenible del agua.

El FONAG tiene una Junta de Directores, formada por los representantes de las entidades que lo constituyen (las instituciones que han contribuido al fondo). Este es el máximo órgano decisorio del fondo y es responsable de definir las políticas y estrategias para orientar el desarrollo y el cumplimiento de los objetivos del fondo. La Secretaría Técnica está a cargo del funcionamiento y la gestión del FONAG, sirve como órgano operativo del fondo y reporta a la Junta. Los recursos financieros son gestionados por el fiduciario, que también es el representante legal del fondo. Este mecanismo asegura la transparencia del proceso de toma de decisiones y del uso de los recursos.

El FONAG ha experimentado un crecimiento financiero considerable. Como se ha mencionado anteriormente, comenzó con 21.000 dólares en 2000; en diciembre de 2013 tenía 12.979.000 dólares. Respecto a su inversión en actividades, el FONAG ha sido muy exitoso en la obtención de nuevos fondos. Por cada dólar gastado por el FONAG, se han obtenido al menos tres dólares de contribuyentes externos. En 2008, por ejemplo, el presupuesto del FONAG era de 4,1 millones de dólares, de los cuales 700.000 dólares venían de los intereses que genera la dotación y 3,4 millones de contribuciones de donantes y asociados (Calvache et al., 2012). El 80 por ciento de sus recursos son invertidos en programas y actividades de largo plazo y el 20 por ciento en proyectos específicos.

El FONAG trabaja para garantizar agua suficiente con buena calidad mediante el cofinanciamiento de acciones dirigidas a proteger las cuencas hidrográficas para lograr la regeneración natural del recurso. Realiza actividades en las partes superiores de las cuencas de los ríos Guayllabamba, Oyacachi, Papallacta y Antisana, lo que cubre un área total de 542.000 hectáreas. El fondo de agua financia los siguientes programas: recuperación de la cobertura vegetal, educación ambiental, vigilancia y monitoreo, gestión del agua, comunicación y capacitación.<sup>2</sup>

### ***Agua somos (Fondo de Agua de Bogotá)***

*Agua Somos*, o el Fondo de Agua de Bogotá, no es solo uno de los fondos de agua más importantes establecidos en América Latina por su valor para la propia Bogotá –la capital del país, una ciudad con más de 8 millones de habitantes– sino también porque este fondo ayuda a proteger una de las áreas de páramos más impresionantes del continente. Más del 80 por ciento del agua consumida por los residentes de Bogotá es suministrada por el sistema Chingaza, ubicado al este de la ciudad. El sistema comprende las cuencas de los ríos Chuza, Guatiquia y Teusaca, además de la represa del Chuza, que tiene una capacidad de 257 millones de m<sup>3</sup>. Tanto la represa como las cabeceras de los ríos se encuentran en el Parque Nacional de Chingaza, que fue creado en 1974. El Parque cubre 76.600 hectáreas y alberga bosques andinos de altitud y páramos de importancia vital: ellos proporcionan el hábitat a un amplio número de especies y regulan el flujo de agua, controlan los sedimentos y garantizan el abastecimiento de agua de buena calidad para Bogotá.

Cambios en el uso del suelo han modificado de manera significativa algunas áreas del Parque Nacional de Chingaza, especialmente las zonas de amortiguamiento, donde se ha extendido el uso de la tierra para la ganadería y la agricultura junto con el establecimiento de asentamientos humanos. El presupuesto del parque es insuficiente para cubrir las necesidades determinadas en su plan de gestión; en consecuencia, también son insuficientes los esfuerzos de conservación del ecosistema y la posibilidad de ofrecer actividades económicas sostenibles alternativas para las comunidades locales. Esta situación ha expuesto el riesgo a largo plazo del suministro de agua de buena calidad para los residentes de Bogotá a partir del sistema de Chingaza, un riesgo que es igualmente válido para los sistemas de Tibitoc (al norte de la ciudad) y La Regadera (al sur de la ciudad), los cuales suministran agua al 20 por ciento restante de la población de Bogotá.

Las áreas que rodean el Parque Nacional de Chingaza proporcionan agua, bien para el sistema Chingaza hacia la planta Weisner, o al sistema Tibitoc. Si bien las condiciones de las áreas de páramo son generalmente buenas dentro del parque nacional, fuera de sus límites, la expansión suburbana de Bogotá, los pastos para la crianza de ganado y los cultivos de patatas dominan el paisaje. Los productores en las áreas de amortiguamiento del parque son conscientes de la importancia de estas 'minas de agua', pero sin los incentivos económicos adecuados para usos que las preserven, es difícil que impidan al ganado entrar en esas áreas (figura 14.3).

En 2006, TNC comenzó a contactar a instituciones públicas y privadas para promover la idea de crear un fondo de agua para Bogotá y los municipios vecinos. Una de las entidades consultadas fue la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB), la cual gasta anualmente una suma considerable de recursos para purificar el agua, una cantidad que podría aumentar en el futuro si no se toman las medidas necesarias para detener la transformación del ecosistema y proteger las cuencas hidrográficas. Otra fue el Servicio de Parques Nacionales, la agencia gubernamental nacional encargada de administrar los parques nacionales, la cual ha expresado su interés en participar en planes innovadores que le permitan atraer recursos financieros para implementar sus programas y proyectos. En 2007, la EAAB, el Servicio de Parques Nacionales, la Fundación del Patrimonio Natural y TNC firmaron un memorando de entendimiento para combinar sus esfuerzos técnicos y financieros a fin de determinar la viabilidad de un mecanismo de inversión en cuencas hidrográficas dirigido a conservar los ecosistemas.

Mientras se realizaban los estudios de viabilidad, TNC contactó al sector privado para promover la participación de las corporaciones en el Fondo de Agua de Bogotá. SABMiller Bavaria, la mayor cervecera de la región, se comprometió a aportar recursos al fondo. Su interés en este fondo, más allá de la simple responsabilidad social y ambiental, coincide con uno de los objetivos del fondo: reducir los niveles de sedimentos y prevenir descargas adicionales de sedimentos a largo plazo (ahorrando así costos para el tratamiento del agua utilizada para la producción de la cerveza). El Fondo de Agua de Bogotá fue anunciado públicamente en mayo de 2009. En octubre, se firmó un acuerdo de cooperación por el que la EAAB, SABMiller Bavaria y TNC aportaron una contribución inicial de 1.300 millones de pesos colombianos (650.000 USD) para poner en marcha la operación del fondo. Este dinero cubría el costo de una secretaría técnica a tiempo completo para liderar el fondo de agua, la realización de los estudios legales necesarios para su funcionamiento, una campaña de mercadotecnia para promoverlo e impulsar las donaciones voluntarias de los ciudadanos y del sector privado, y la implementación de algunas actividades de restauración sobre el terreno. El mecanismo de gobernanza del fondo es presentado en la figura 14.4.



**Figura 14.3**

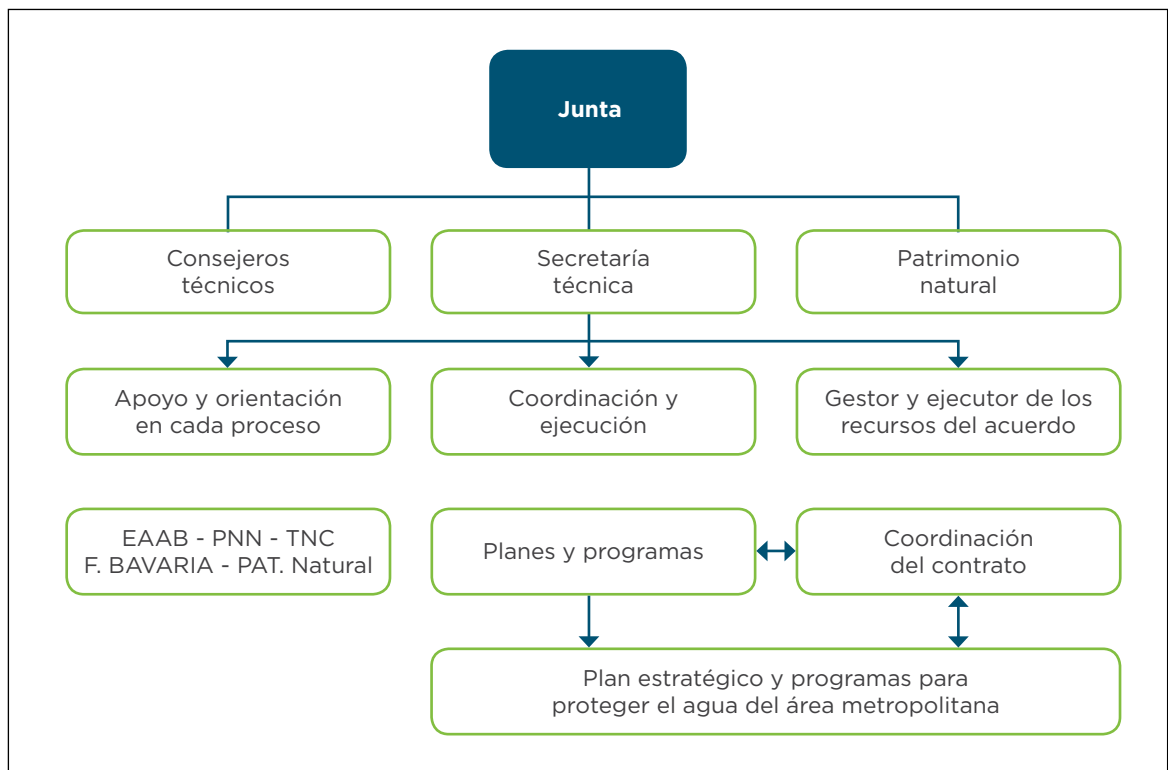
Cría de ganado en las áreas altas del páramo, dentro del sistema de Chingaza, justo fuera del parque nacional.



Fuente: Cortesía de The Nature Conservancy

**Figura 14.4**

Mecanismo de gobernanza del Fondo de Agua de Bogotá



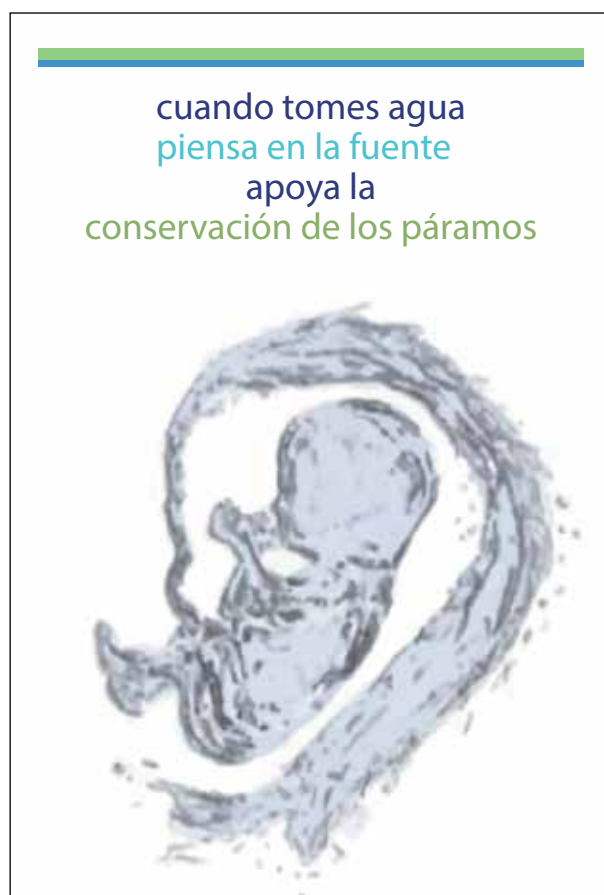
Fuente: The Nature Conservancy (2008, p. 16).

Entre 2007 y 2009, se realizaron dos estudios de viabilidad con dos componentes principales. El primero consistió en la aplicación de modelos hidrológicos para determinar la dinámica hidrológica de las cuencas del sistema de abastecimiento, lo que incluyó cuantificar el caudal y la producción de agua, los niveles de sedimentos y la importancia de la captación de niebla para el balance de agua en el área. Este estudio fue elaborado por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). El segundo estudio evaluó e identificó alternativas legales para el establecimiento y estructuración del Fondo de Agua de Bogotá y analizó el potencial de las fuentes de financiamiento y el flujo de recursos.

Los resultados de estos estudios indican que la inversión estimada de 15 millones de dólares en diez años pagaría las intervenciones en 60.000 hectáreas de tierra en las cuencas que abastecen de agua a Bogotá. Con estas intervenciones, se espera prevenir la descarga de 2 millones de toneladas de sedimentos, lo que representa un ahorro del orden de los 35 millones de dólares en costos de tratamiento en el mismo período (White et al., 2007). Los hallazgos de los modelos realizados ponen de relieve tanto los importantes retornos posibles de la gestión de las cuencas como la necesidad de orientar las inversiones hacia áreas donde cambios en la gestión de la tierra llevarán efectivamente a una reducción de los costos y un incremento de los beneficios económicos.

### Figura 14.5

#### Cartel con eslogan del Fondo del Agua de Bogotá



Fuente: Yunis y Lizarazo (2013, p. 18).

El Fondo de Agua de Bogotá ha desarrollado una estrategia de comunicación con una campaña de concienciación cuyo objetivo es llegar a las principales partes interesadas, aquellos que pueden contribuir a los objetivos del fondo de agua, como se ha mencionado. Un elemento esencial de la campaña era la formulación de un eslogan que estimulara un vínculo entre la audiencia y el propósito del fondo de agua y llevar así a las acciones concretas deseadas. El eslogan era 'Cuando tomes agua, piensa en la fuente. Apoya la conservación de los páramos' (Yunis y Lizarazo, 2013) (figura 14.5).

Además, el fondo de agua ha comenzado a apoyar la implementación de proyectos de conservación, tales como la protección de corredores ribereños, la conservación de bosques nativos y la elaboración de un plan de conservación, teniendo en cuenta una caracterización detallada de los procesos de erosión en los sistemas de abastecimiento de agua más importantes. Más recientemente, el fondo de agua comenzó un nuevo ciclo de proyectos en alianza con Coca-Cola FEMSA en Colombia.

### ***Mecanismos para financiar fondos de agua en Brasil***

La implementación de mecanismos de financiamiento en Brasil ha seguido varios caminos basados en modelos de gobernanza diferentes de los utilizados en otros países de América Latina (Veiga y Gavaldão, 2011; Goldman-Benner et al., 2013). Éstos usan un modelo de distribución anual en el que se recaudan y distribuyen cada año parte de las tarifas de los consumidores u otras fuentes de financiamiento, en lugar de ir a un fideicomiso.

El primer método de implementación a destacar es resultado de la Política Nacional de Agua, que estableció una tarifa de agua para el usuario y requería destinar los beneficios a mantener y mejorar la salud de la cuenca. Además, se facilitó la creación de comités de cuenca, que incluyen a los usuarios de agua y a representantes de los gobiernos y la sociedad civil, que tienen poder legal de decidir la mejor manera de gastar los ingresos del fondo. Crear un proyecto de producción de agua mediante este mecanismo de política pública involucra varios pasos. El concepto del proyecto es presentado al comité de cuenca. Pagos directos compensan a los propietarios de tierras de la cuenca por las externalidades positivas que generan cuando restauran y protegen sus tierras. Cuando el proyecto es aprobado por el comité, los socios del proyecto, generalmente participantes públicos y privados, crean una unidad de gestión para ejecutar y gestionar el proyecto.

La segunda forma importante en la que han sido implementados los fondos de agua en Brasil requiere una aprobación legal explícita a nivel municipal y estatal para desarrollar mecanismos de PSE. Estas leyes son importantes por dos motivos: porque proporcionan el marco legal para la implementación de los PSE y porque posibilitan y facilitan el uso de fondos públicos para mecanismos de PSE. Un ejemplo importante de este método es el fondo de agua FUNDAGUA en el estado de Espírito Santo, que está principalmente financiado por un porcentaje de las regalías del petróleo obtenidas por el estado y tiene un órgano de gobernanza compuesto sobre todo por entidades públicas.

### **Lecciones aprendidas**

En la última década, especialmente desde la presentación de la Alianza Latinoamericana de Fondos de Agua, esta entidad y sus asociados locales han trabajado en la implementación y perfeccionamiento del concepto vanguardista de fondo de agua. Los proyectos pilotos y los replicados han permitido desarrollar

un modelo de implementación claro. Una gama creciente de asociados locales y regionales ha participado en los esfuerzos, ofreciendo la oportunidad de producir herramientas a gran escala que conecten de forma eficaz a los principales usuarios de agua y a los proveedores de servicios ecosistémicos. Hay una gran oportunidad de intercambiar conocimientos y de colaborar en la región gracias a los muchos países en los que se han establecido los fondos de agua y a la diversidad de situaciones, mecanismos institucionales, partes interesadas, ecosistemas protegidos y servicios ambientales generados.

Los casos de fondos de agua mencionados en este capítulo, así como otros fondos similares implementados hasta ahora, ofrecen lecciones relevantes y oportunas que se pueden aprender y revelan algunos desafíos que hay que abordar. Al principio del proceso, es importante comprender e identificar quiénes son los principales motores de la demanda de agua y los beneficiarios potenciales del fondo de agua. La experiencia en Quito mostró que el éxito del fondo de agua depende del compromiso de las partes interesadas y de la voluntad de los usuarios de agua de pagar por los servicios del ecosistema. El éxito en esta fase depende en gran medida de la conciencia de los socios públicos y privados potenciales respecto a los riesgos que afrontan y su convicción de que el enfoque de infraestructura verde es una solución aceptable para mitigar estos riesgos. También es muy importante que haya líderes locales que participen activamente a ese respecto.

En la fase de diseño y negociación, la clave es obtener estimaciones sobre el retorno potencial de las inversiones que harán los futuros inversores (principalmente los usuarios de agua) basándose en los modelos de servicios ecosistémicos. Esto permitirá tener una evaluación de los costos y beneficios que implica apoyar el fondo de agua y una definición clara de los objetivos cuantitativos en términos de servicios ecosistémicos generados (reducción de las toneladas de sedimentos, incremento del porcentaje del caudal base, incremento porcentual de la cantidad de agua infiltrada, etc.) y la cantidad de dinero necesaria para alcanzarlos. Un ejemplo a destacar de este enfoque es el Fondo de Agua de Bogotá. Los estudios han demostrado hasta qué punto es importante conservar el sistema de provisión de agua de Bogotá dadas las presiones antropogénicas sobre los parques naturales y las zonas de amortiguamiento de donde proviene el agua para la ciudad; el fondo fue creado usando herramientas científicas para identificar las áreas prioritarias, y estimar los objetivos financieros y las áreas de intervención. En el caso de Bogotá, el trabajo de conservación está en su fase inicial. En la mayoría de los fondos de agua, se han implementado sistemas de monitoreo para dar seguimiento al cumplimiento de las metas a largo plazo.

Hay algunos desafíos que afrontar en la fase de diseño, principalmente los relacionados con la falta de datos que alimenten los modelos de servicios ecosistémicos y/o la carencia de capacidad técnica local para operar esos modelos. *The Natural Capital Project*, una asociación de la Universidad de Stanford, la Universidad de Minnesota, TNC y el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF, por sus siglas en inglés), ha abordado estos temas mediante el desarrollo de modelos de servicios ecosistémicos que pueden ser ejecutados con diferentes niveles de datos y con actividades de capacitación en la región.

Hay muchas fuentes potenciales de dinero público y privado que pueden contribuir al establecimiento y la consolidación a largo plazo de un fondo de agua. En lo que respecta al sector público, hay muchas opciones regulatorias que pueden ser una fuente importante de recursos, como: a) las tarifas a los usuarios; b) marcos legales para el pago de servicios ambientales; c) la inclusión de los costos de conservación de la cuenca en las tarifas de agua; y d) el establecimiento de regulaciones locales que determinan los ingresos públicos que se deben asignar al fondo de agua. En Brasil y Ecuador, las iniciativas que se han implementado han sido fundamentales

para demostrar la importancia de estas fuentes públicas para los fondos. El principal desafío a partir de ahora es avanzar sobre la base de estos primeros ejemplos y allanar el camino a otros nuevos, como incluir los costos de conservación de la cuenca en las tarifas de agua. La conciencia pública y su influencia sobre los responsables de la toma de decisiones pueden también dar un importante impulso a la expansión de los fondos de agua existentes y la creación de otros nuevos.

Del lado del sector privado, además de los potenciales beneficios directos de invertir en actividades promovidas por el fondo de agua, las empresas se mueven por su evaluación de los riesgos asociados con la creciente escasez de agua. Estos riesgos pueden estar relacionados con las dimensiones física, regulatoria y de reputación, y pueden ser motores significativos para la participación corporativa en los mecanismos de fondos de agua. Esto sucede especialmente cuando las empresas ya se han dado cuenta de los beneficios de una mayor eficiencia hídrica dentro de sus propias fábricas y comprenden que la conservación de las cuencas de las que procede su agua es crítica para sus negocios. Hay muchas compañías que están evaluando la huella hídrica de sus operaciones directas y sus cadenas de suministro, e intentan comprender dónde pueden reducir su impacto o compensarlo para que tengan un efecto neutro parcial o total.

Como mecanismo financiero, el éxito de los fondos de agua depende en gran medida de la adecuada gestión de sus recursos, su independencia, sus garantías legales y financieras y la auto-sostenibilidad de sus recursos financieros. Es esencial determinar la mejor manera de administrar estos recursos entre las muchas alternativas disponibles (p. ej., una entidad financiera privada, un fondo fiduciario ambiental) en función de las condiciones de cada país y las necesidades de cada fondo, como se puede ver en el ejemplo del Fondo de Agua de Quito y su crecimiento consolidado.

De los fondos de agua que ya están en funcionamiento también se pueden sacar lecciones importantes una vez que han sido anunciados y se han negociado las contribuciones y responsabilidades de sus miembros. La primera es establecer las líneas de base del monitoreo (hidrológicas, de biodiversidad y socioeconómicas) y comenzar las actividades de seguimiento desde las etapas tempranas del fondo de agua. El monitoreo es crítico porque las partes interesadas de los fondos de agua (inversores, comunidades locales, gestores) necesitan información sobre la eficacia de los modelos utilizados para estimar los beneficios, la eficacia de las actividades, la eficiencia de la implementación y el retorno de la inversión (Higgins y Zimmerling, 2013).

Los fondos de agua han sido monitoreados a dos niveles. Primero, a nivel de implementación, donde un consejo general, compuesto por los gerentes de los fondos y coordinado por la Alianza Latinoamericana del Agua, evalúa tres aspectos principales: i) el número de hectáreas de tierras públicas y privadas donde se han implementado actividades de conservación; ii) el número de personas beneficiadas aguas abajo (usuarios de agua) y aguas arriba (comunidades locales); y iii) la cantidad de fondos públicos y privados recaudados e invertidos por los fondos de agua.

El segundo nivel de monitoreo se centra en dos temas principales: la implementación de actividades y los impactos. El monitoreo de los impactos (el nivel de cumplimiento del fondo de agua en términos de objetivos respecto a la cantidad y calidad del agua) ha seguido un protocolo general desarrollado por Higgins y Zimmerling (2013) y ajustado a las condiciones locales de cada fondo, que incluye los impactos hidrológicos, socioeconómicos y en biodiversidad producidos por sus actividades. Esto se está dando ya en los fondos de agua de Guandu (Río de Janeiro), PCJ (São Paulo), Camboriú, Palmas, el Valle de Cauca, Quito y Lima. Otros fondos de agua están en proceso de implementar sus protocolos de monitoreo.

Otra lección apunta a la necesidad de trabajar sobre el terreno mediante proyectos demostrativos desde el principio, incluso si aún no se ha logrado la cantidad total de contribuciones previstas para el nuevo fondo de agua. Esto dará lugar a un conocimiento, apoyo y experiencia locales para informar la implementación de las actividades planeadas y facilitará la entrada de nuevos ingresos al fondo. Como en otros mecanismos de pago por servicios ecosistémicos, uno de los principales desafíos para la implementación de actividades de conservación por los fondos de agua son los costos de transacción asociados con los acuerdos con muchas partes interesadas locales, como los pequeños propietarios de tierras y las comunidades indígenas locales. Para superar esos cuellos de botella, se han establecido procesos claros para convocatorias de propuestas o programas de largo plazo, la mayoría de ellos con la participación de asociaciones locales o de organizaciones no gubernamentales locales que dan apoyo a quienes participan en actividades de conservación.

Como era de prever, los fondos de agua se centran en actividades que promueven la seguridad del agua para los usuarios de la parte baja de la cuenca mediante soluciones naturales, pero este enfoque no significa que sus actividades y productos se limiten a esta área. Por ejemplo, hay actividades ligadas a la agenda de Agua, Saneamiento e Higiene (WASH, por sus siglas en inglés), que integra objetivos de salud con enfoques de gestión de cuencas y se centra en las comunidades rurales y de las cuencas altas. Los fondos de agua han permitido a diferentes partes interesadas dialogar y planear juntos, y ha facilitado información para una mejor toma de decisiones.

## **Conclusiones**

La infraestructura verde es un concepto relativamente nuevo que ha ganado fuerza porque transmite de manera simple el concepto de servicios ecosistémicos. Como ocurre con la infraestructura tradicional, la infraestructura verde es también capaz de generar empleos e ingresos. Sin embargo, equilibrar los diferentes intereses está lejos de ser fácil. Los fondos de agua han demostrado que pueden reunir a partes interesadas locales destacadas para trabajar juntas en la implementación de planes de conservación concretos. Ésta es la experiencia de Quito y de otros fondos de agua establecidos hasta ahora. Cabe destacar que crean un ambiente de confianza entre sus miembros, pero también garantizan que las comunidades locales están representadas en los procesos de toma de decisiones.

Generalmente, los recursos de los fondos de agua vienen de una combinación de fondos públicos y privados. Aunque los ejemplos establecidos hasta ahora han demostrado que hay una creciente conciencia sobre la importancia de invertir en infraestructura verde, hay todavía mucho por hacer para traducir esta conciencia en inversiones concretas para la protección de las cuencas hidrológicas. Asegurar el financiamiento a largo plazo mediante las tarifas u otros mecanismos legales puede llevar tiempo y todavía es un desafío para varios fondos de agua.

Los sistemas de monitoreo son fundamentales. Incluso si su diseño se basa en el mejor conocimiento científico disponible, sigue habiendo incertidumbres respecto a los modelos. Los programas de monitoreo instalados hasta ahora en muchos fondos de agua han comenzado a generar datos reales en términos de impactos hidrológicos, socioeconómicos y de biodiversidad, pero como la mayoría están en la fase inicial de recopilación de datos y algunos en la fase de diseño, hay una necesidad clara de mantenerlos en marcha.

La inclusión de los costos de monitoreo en los costos operacionales de los fondos de agua ha demostrado ser retadora. Hay que tener en cuenta que demostrar el éxito de los esfuerzos de conservación mediante el monitoreo de procesos de servicios

ecosistémicos puede llevar tiempo. Por ejemplo, la restauración de los ecosistemas de los páramos es lenta y los cambios en los indicadores relacionados con el agua en respuesta a acciones de conservación pueden llevar varios años. Es importante recordar esto para crear expectativas realistas entre las partes interesadas.

El ritmo de creación de nuevos fondos de agua ha sido notable en América Latina; sin embargo, sigue habiendo el desafío de fomentar las capacidades locales en cada paso del proceso de establecimiento, implementación y evaluación de los fondos de agua. Se han desarrollado paquetes de herramientas, asistencia técnica para los responsables de la ejecución y programas de capacitación, y todo ello tendrá un papel importante en el futuro cercano. Este proceso –apoyado por una cantidad creciente de experiencias y el intercambio de lecciones aprendidas entorno a los fondos de agua– será esencial para maximizar los impactos positivos de estos fondos. Los logros alcanzados hasta ahora, pese a sus limitaciones, muestran que los fondos de agua pueden desempeñar un papel importante tanto para preservar el medio ambiente como para ayudar al abastecimiento de agua de las ciudades latinoamericanas.

### Notas

- <sup>1</sup> La fuente de esta información es un cuadro de un tablero interno en el que los administradores de los fondos de agua consignan la información trimestralmente.
- <sup>2</sup> Para información más detallada del programa, véase: <http://www.fonag.org.ec>.

### Referencias

- Appleton, A. (2002). “How New York City used an ecosystem services carried out through an urban-rural partnership to preserve the pristine quality of its drinking water and save billions of dollars”, trabajo presentado en la Reunión Forest Trends (Tendencias Forestales), noviembre de 2002.
- Bennett, G., Carroll, N. y Hamilton, K. (2013). *Charting new waters: State of watershed payments 2012*, consultado el 20 de abril de 2014, [http://www.forest-trends.org/documents/files/doc\\_3308.pdf](http://www.forest-trends.org/documents/files/doc_3308.pdf)
- Calvache, A., Benítez, S. y Ramos, A. (2012). *Fondos de agua: conservando la infraestructura verde. Guía de diseño, creación y operación*, Alianza Latinoamericana de Fondos de Agua, Bogotá.
- Célleri, R. y Feyen, J. (2009). “The hydrology of tropical Andean ecosystems: Importance, knowledge status, and perspectives”, *Mountain Research and Development*, vol. 29, n.º 4, pp. 350-355.
- Daily, G. C. (1997). *Nature's services: Societal dependence on natural ecosystems*, Island Press, Washington, D.C.
- Dudley, N. y Stolton, S. (2005). “The role of forest protected areas in supplying drinking water to the world's biggest cities”, en T. Trzyna (ed.), *The urban imperative*, California Institute of Public Affairs, Sacramento, California.
- EM (Evaluación de los Ecosistemas del Milenio) (2005). *Ecosystems and human well-being: Synthesis*, Island Press, Washington D.C.
- Goldman-Benner, R. L., Benítez, S., Boucher, T., Calvache, A., Daily, G., Kareiva, P., Kroeger, T. y Ramos, A. (2012). “Water funds and payments for ecosystem services: Practice learns from theory and theory can learn from practice”, *Oryx*, vol. 46, n.º 1, pp. 55-63.

- Goldman, R. L., Benítez, S., Calvache, A. y Ramos, A. (2010). *Water funds: Protecting watersheds for nature and people*, The Nature Conservancy, Arlington, VA.
- Goldman-Benner, R. L., Benítez, S., Calvache, A., Ramos, A. y Veiga, F. (2013). "Water funds: A new ecosystem service and biodiversity conservation strategy", en S. A. Levin (ed.), *Encyclopedia of biodiversity*, Academic Press, Waltham, MA.
- Higgins, J. V. y Zimmerling, A. (2013). *A primer for monitoring water funds*, The Nature Conservancy, Arlington, VA.
- Johnson, N. (2000). "Strategies to build sustainable links between forests, water, and people", documento presentado en el taller Environmental Markets and Forests (Bosques y Mercados Ambientales), Katoomba, Australia, 11-12 de abril.
- Krchnak, K. M. (2007). *Watershed valuation as a tool for biodiversity conservation*, The Nature Conservancy, Arlington, VA.
- Mendieta, J. C. (2012). *Valoración económica ambiental de los servicios ecosistémicos hidrológicos para el mecanismo financiero de conservación de las cuencas abastecedoras de los embalses río Grande II y La Fe que abastecen de agua a la ciudad de Medellín y los municipios del Valle del Aburrá en el departamento de Antioquia*, The Nature Conservancy, Bogotá.
- Pagiola, S. (2002). "Paying for water services in Central America: Learning from Costa Rica", en S. Pagiola, J. Bishop, N. Landell-Mills (eds.), *Selling forest environmental services: Market-based mechanisms for conservation and development*, Earthscan, London.
- Payne, J. G. (2007). "Matching water quality to use requirements", informe técnico para la Cumbre de Previsión Tecnológica de ONUDI, Budapest, 27-29 de septiembre de 2007.
- Revenga, C. y Mock, G. (1999). *Pilot analysis of global ecosystems: Freshwater systems and world resources 1998-1999*, Instituto de Recursos Mundiales, Washington D.C.
- Souza, W. C. (2013). *Pagamento por serviços ecossistêmicos: Sedimentos e nutrientes - Sistemas de abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo*, São Paulo, The Nature Conservancy, Curitiba, Brasil.
- Tallis, H. y Markham, A. (2012). *Water funds business case: Conservation as a source of competitive advantage*, The Nature Conservancy, Arlington, Virginia.
- The Nature Conservancy (2008). *Establishment of a fund to protect watersheds that provide water to the city of Bogotá. Proposal*, The Nature Conservancy, Bogotá.
- The Nature Conservancy y Banco Interamericano de Desarrollo (2010). *Earth fund platform identification form (EFPIF)*, The Nature Conservancy, Cartagena.
- The Nature Conservancy (2012). *Operations manual - TNC regional platform for water resource management GRT/CF-12631-RG*, The Nature Conservancy, Curitiba, Brasil.
- Veiga, F. y Gavaldão, M. (2011). "Iniciativas de PSA de conservação dos recursos hídricos na Mata Atlântica", en F. Becker y S. Edda (eds.), *Pagamentos por serviços ambientais na Mata Atlântica: Lições aprendidas e desafios*, Ministerio de Medio Ambiente, Brasilia



- White, D., Rubiano, J., Andersson, M., García, J., Saenz, L. y Jarvis, A. (2007). *Análisis de oportunidades de inversión en conservación por ahorros en tratamiento de aguas*, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.
- WWAP (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos) (2012). *The United Nations world water development report 4: Managing water under uncertainty and risk*, UNESCO, Paris.
- Yunis, J. y Lizarazo, A. (2013). "Campaña 'capital' para el Fondo de Agua de Bogotá", en C. Ortega, A. Ramos, S. Benítez, C. A. Hurtado, S. Ortiz y A. Guzmán (eds.), *Reconocimiento de los servicios ambientales hídricos en Latinoamérica: Intercambio de experiencias y mejores prácticas*, The Nature Conservancy, Quito.

# 15 Infraestructura verde y protección de cuencas hidrográficas en ciudades de los EE. UU.

## Reflexiones para América Latina

*Jonathan C. Kaledin*

### Introducción

La larga historia de la urbanización en América Latina, sumada a un crecimiento urbano continuo, hace que las ciudades latinoamericanas enfrenten ahora el desafío de ampliar los servicios de agua al tiempo que sustituyen los sistemas más antiguos y vetustos. ¿Continuará América Latina manteniendo un fuerte foco en los grandes sistemas de agua lineales o comenzará también a buscar cada vez más soluciones descentralizadas y ‘verdes’ para los problemas del agua? Este capítulo examina cómo la ciudad de Nueva York, Boston, Seattle, Filadelfia y Milwaukee han gestionado sus cuencas hídricas y emprendido de forma novedosa el desarrollo de infraestructura verde que está en armonía con los sistemas naturales, y ofrece reflexiones de relevancia para las ciudades de América Latina.

Si bien la calidad de los servicios de agua y saneamiento que se suministran en los Estados Unidos es muy alta, un creciente número de sistemas de agua urbana del país se está acercando, o ya ha superado, su vida útil. Muchas ciudades ahora enfrentan serios desafíos para mantener y modernizar sus viejos sistemas (WeiserMazars, 2012). En septiembre de 2002, la *Environmental Protection Agency* (EPA, Agencia de Protección Ambiental), publicó *The Clean Water and Drinking Water Gap Analysis* (Análisis de la brecha de agua limpia y agua potable), que examinaba las necesidades financieras en capital, operaciones y mantenimiento hasta el año 2020 bajo la *Clean Water Act* (Ley Federal sobre Agua) y la *Safe Drinking Water Act* (SDWA, Ley sobre Agua Potable Segura). El informe indicó que ‘se puede producir una brecha de financiamiento significativa si los sistemas de agua potable y agua limpia del país mantienen las prácticas de gastos y operaciones actuales’ (US EPA, 2002).

Pese a ser conscientes de esto, las mejoras en los sistemas de agua urbana continúan a un ritmo marcado por una inversión anual total muy inferior a la que se necesita (ASCE, 2011). Y buena parte de esa inversión no es voluntaria, sino el resultado de medidas impuestas por los gobiernos federal o estatal a las ciudades en virtud de la Ley de Agua Limpia o la Ley de Agua Potable Segura.<sup>1</sup> Pese a que quizás han comenzado con una provisión de servicios de agua y saneamiento de un nivel superior, varias ciudades estadounidenses enfrentan en la actualidad los mismos problemas en sus sistemas de agua –financieros, administrativos, cuantitativos y cualitativos– que un gran número de ciudades latinoamericanas. Las ciudades en crecimiento deben invertir más para responder tanto a los requisitos regulatorios del agua como a la

creciente demanda y, a menudo, deben hacerlo dadas las limitaciones del suministro, que probablemente aumentarán o al menos se volverán más impredecibles debido a los efectos del cambio climático (Bolger *et al.*, 2009).

Muchas ciudades se están quedando atrás en la tarea crítica de mantener sus sistemas de agua actualizados y efectivos. En una revisión del estado actual, y posible desarrollo futuro, de los sistemas de agua en los Estados Unidos, la Fundación Johnson mostró que ‘nuestra infraestructura de agua, diseñada en los siglos XIX y XX, ya no cubre las necesidades y desafíos actuales’ (Fundación Johnson, 2011). Con una pérdida del 25 por ciento del agua potable por fugas en los conductos deteriorados, en lugar de llegar a los consumidores, los sistemas de agua potable de los EE. UU. recibieron de la *American Society of Civil Engineers* (ASCE, Asociación Estadounidense de Ingenieros Civiles) casi la peor ‘calificación escolar’ posible –una D menos (ASCE, 2009). Si se aceptan los hallazgos de la ASCE, la Fundación Johnson y otros, no puede haber duda de que hay problemas serios en el horizonte para los sistemas de agua urbana en los Estados Unidos.

## **El crecimiento verde y los sistemas de agua en los Estados Unidos**

Pese al panorama algo sombrío que se acaba de describir, está comenzando una nueva era en la creación de infraestructura para sistemas de agua, con una revisión de muchos aspectos de su diseño y desarrollo, como muestran los estudios de caso que se presentan en este capítulo. Un ejemplo del trabajo de nueva generación emprendido frente a los problemas de agua urbana de los EE. UU. es el nuevo programa del *Engineering Research Center* (Centro de Investigación en Ingeniería), un consorcio académico creado por la *US National Science Foundation* (Fundación Nacional para la Ciencia de los EE. UU.) llamado ‘*Re-inventing the Nation’s Urban Water Infrastructure*’ (ReNUWIt, Reinventar la infraestructura de agua urbana de la nación), cuyo objetivo es producir ‘cambios fundamentales, sistémicos y de amplio alcance en la vieja infraestructura urbana de los Estados Unidos’ (Brody Guy, 2012).

Un elemento de este nuevo pensamiento es el reconocimiento de que los enfoques centralizados a gran escala para infraestructura –la solución de ‘tuberías y concreto’– no son siempre apropiados, ni siquiera en zonas con un denso desarrollo urbano. Los beneficios sanitarios y ambientales de los sistemas de agua centralizados de tuberías y concreto son notables y muy loables; esos sistemas han sido absolutamente fundamentales para la prosperidad de las ciudades estadounidenses durante el siglo XX, pero tienen sus limitaciones. La readaptación de la infraestructura del sistema de agua urbana puede ser terriblemente cara, perjudicial para la distribución del servicio y las economías locales e incluso técnicamente inviable. Está surgiendo un mayor reconocimiento del crecimiento verde y la infraestructura asociada a ese crecimiento: la eficiencia y el poder que el uso e integración de sistemas naturales puede ofrecer a los sistemas de agua urbanos (Aspen Institute, 2009).

Las ciudades estadounidenses que lideran el camino de los enfoques de crecimiento verde para los problemas de los sistemas de agua urbana –Milwaukee, por ejemplo– comprenden varias cosas. Las cuencas hidrográficas en su estado natural, o recuperadas hasta un estado próximo a su condición natural original, pueden realizar muchas de las funciones que proporcionan las instalaciones de filtrado que la ingeniería avanzada proporciona. Espacios verdes al aire libre dentro de los límites de la ciudad pueden servir como protección contra las inundaciones y ofrecer funciones recreativas de gran valor para los habitantes de la ciudad. Los jardines regados por la lluvia y las cisternas para agua de lluvia, aunque sean pequeños, pueden

colectivamente hacer una gran diferencia en los programas diseñados para controlar las escorrentías urbanas de agua de lluvia, al tiempo que educan e involucran a los ciudadanos en los asuntos de infraestructura hídrica.

Estas ciudades también comprenden que los sistemas de agua deben adoptar ideas y enfoques adaptables, y que, algunas veces, no se puede incorporar la flexibilidad en soluciones de gran infraestructura de tuberías y concreto. Los límites a la flexibilidad existen para todas las formas de infraestructura, ya sea verde o convencional, pero, en general, los sistemas más pequeños y menos centralizados proporcionan un mayor grado de flexibilidad, dejando abierta la puerta para lo que depare el futuro. Una nueva generación de evaluación analítica se está centrando en los beneficios cuantificables que aportan los enfoques de infraestructura verde en los sistemas de agua y las comparaciones de costos entre los enfoques convencionales y verdes para la infraestructura hídrica (Bolger et al., 2009). Ahora que se pueden realizar análisis rigurosos comparando los costos de ambos y los costos-beneficios, se sabe que los beneficios de la infraestructura verde son mucho más que anecdóticos (van Ast el al., 2013). A menudo, los ahorros y las eficiencias de los enfoques verdes para los sistemas de agua son percibidos como extremadamente atractivos.

## **Protección de cuencas hidrográficas**

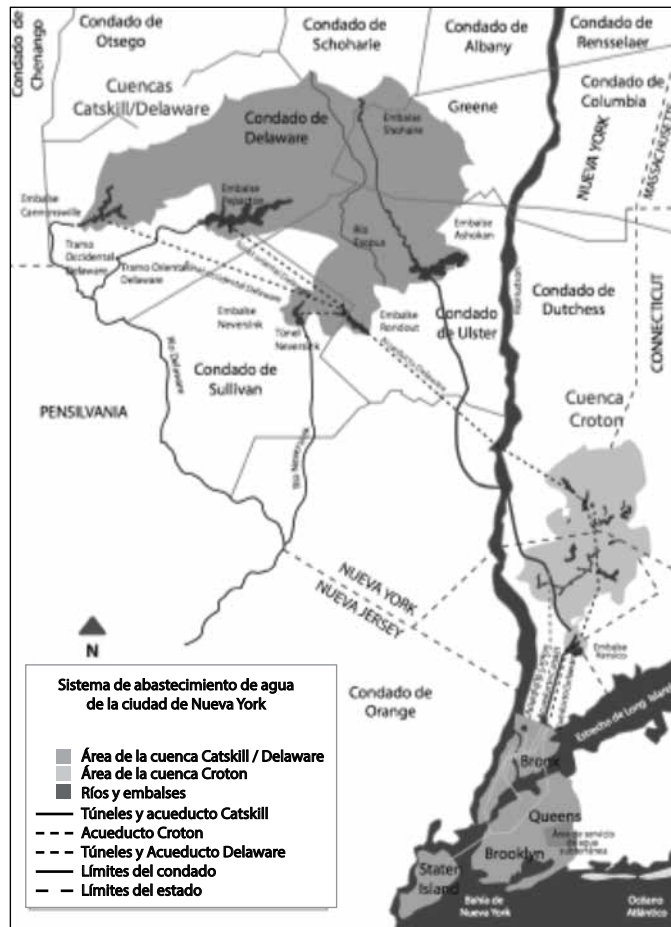
Mucho antes de que maduraran los principios del crecimiento verde y de que surgiera el término 'infraestructura verde', algunas ciudades habían buscado activamente la adquisición o control de las tierras en torno a los cuerpos de agua utilizados para el abastecimiento de agua y para otros fines cruciales. Esa protección de las cuencas hidrográficas, aunque no es un concepto nuevo o tecnológicamente avanzado, ha probado ser bastante exitoso.<sup>2</sup> Si bien la mayoría de las superficies acuáticas utilizadas para el abastecimiento de agua en los EE. UU. tiene tierras de amortiguamiento a su alrededor, relativamente pocas ciudades han intentado preservar completamente las tierras de sus cuencas con el objetivo de proteger el abastecimiento de agua. Las ciudades que han emprendido actividades integrales para proteger la cuenca han evitado, en algunos casos, la necesidad de construir plantas para el filtrado del agua requeridas legalmente o han podido construir plantas menos sofisticadas de lo que se habría necesitado. Si se considera que las plantas de purificación de agua son extremadamente caras, la protección exitosa de la cuenca es invariablemente una buena manera de asegurar la integridad futura del abastecimiento de agua. Los siguientes estudios de caso sobre protección de cuencas hidrológicas muestran que varias ciudades estadounidenses han tenido bastante éxito en la preservación de la cuenca como parte de las infraestructuras del sistema de agua.

### ***La ciudad de Nueva York***

La ciudad de Nueva York es el ejemplo más conocido, y quizás el mejor de todos, de ciudad estadounidense que ha buscado la protección de las tierras de la cuenca hidrológica como el principal medio para mantener la calidad de su abastecimiento de agua. El sistema de suministro de agua de Nueva York fue construido hace unos 150 años, comenzando con la porción oriental del río Hudson, conocido como el sistema Croton. Con el crecimiento de Nueva York a finales del siglo XIX y en la primera mitad del siglo XX, se sumaron a su cartera de abastecimiento de agua los sistemas de Catskills y Delaware, en el lado oeste del río Hudson. Los tramos más altos del sistema se encuentran a aproximadamente 240 kilómetros de la ciudad (figura 15.1). Casi todo el sistema utiliza la gravedad (en circunstancias normales) para entregar el agua a la ciudad, consumiendo, por tanto, muy poca energía.

**Figura 15.1**

**Sistema de abastecimiento de agua de la ciudad de Nueva York.**



Fuente: NYC Environmental Protection (Protección Ambiental de NYC), 2014.

El sistema de abastecimiento de agua de Nueva York es el mayor sistema predominantemente sin filtros de los Estados Unidos (Osborne, 2007). La gran calidad del agua se debe a dos factores: primero, procede de áreas que están lejos de las áreas urbanizadas y de actividades que podrían potencialmente degradarla; y segundo, la ciudad de Nueva York ha adoptado medidas durante años para proteger las tierras de la cuenca que rodean sus embalses –construidos desde la mitad del siglo XIX hasta la década de 1960. Actualmente, hay 19 embalses y tres lagos controlados dentro de los sistemas Croton, Catskills y Delaware, que dan servicio a 9 millones de personas. El agua transita alrededor y dentro de los tres sistemas para dar a la ciudad una flexibilidad máxima en cuanto al lugar de donde extraer el agua y permitir al sistema maximizar la calidad de sus fuentes de agua no filtrada.

En las últimas décadas, cuando la SDWA hizo más rigurosos los estándares de agua potable en los EE. UU., se exigió a Nueva York que cumpliera los estándares de filtrado. Sin embargo, en 2007, la ciudad solicitó y obtuvo su segundo *Filtration Avoidance Determination* (FAD, certificado de eliminación del filtrado) para diez años bajo la SDWA. La regulación federal estadounidense sobre abastecimiento de agua – Código de Regulación Federal 40; secciones 141.71, 141.72 y 141.171– establece la mayoría de los requisitos para lograr una exención al filtrado. Para evitar la construcción de instalaciones de purificación de agua, un proveedor público de agua como el de Nueva York debe cumplir las estrictas condiciones establecidas por esa normativa.

Nueva York evitó costos en infraestructura de purificación de agua de 8.000 millones de dólares al cumplir los requisitos para evitar el filtrado en 2007. Una condición para recibir el certificado que exime del filtrado era que Nueva York implementara un programa integral de protección de la cuenca hidrográfica. El programa identificó primero las tierras más importantes que necesitaban protección para preservar la calidad del agua de los embalses dentro de los sistemas Delaware, Catskills y Croton y después implementó metódicamente actividades energéticas de protección.

Dado que invertir en la preservación de las cuencas que rodean sus embalses ha sido bastante más barato que construir plantas de filtrado de agua, Nueva York ha invertido de manera entusiasta en esas actividades mediante lo que se conoce como *Lands Acquisition Programme* (LAP, Programa de adquisición de tierras). Como afirma la ciudad en su sitio web sobre su sistema de abastecimiento de agua, el 'LAP es un componente clave de [nuestros] esfuerzos para continuar proporcionando agua potable de gran calidad sin filtrado de los sistemas Catskill-Delaware (Cat-Del), que proporcionan agua a unos 9 millones de residentes de la ciudad' (NYC Environmental Protection, 2014). El LAP ha protegido más de 40.500 hectáreas de tierra de las 400.000 hectáreas de los sistemas Catskill y Delaware y más de 800 hectáreas del sistema Croton, que es mucho más pequeño. Cuando se suman estas cifras con las tierras protegidas por el estado de Nueva York y organizaciones regionales de conservación de la tierra sin fines lucrativos, como el *Open Space Institute* (Instituto de Espacios Abiertos), el porcentaje de tierras protegidas de forma permanente en los tres sistemas de abastecimiento de agua de la ciudad de Nueva York es del 34 por ciento (NYC Environmental Protection, 2014).

Un aspecto importante de su enfoque de protección del suelo es que la ciudad ha obtenido de la Asamblea Legislativa del estado de Nueva York una amplia autoridad para vigilar sus embalses y cuencas. Dado que estas tierras y cuerpos de agua se encuentran fuera de los límites jurisdiccionales de la ciudad, sin esa ley habría confusión y algunos desafíos a la capacidad de la ciudad de controlar las actividades que se producen en ellas. Actualmente, las tierras y los cuerpos de agua están cerrados al público, aunque ahora se debate si permitir ciertas actividades (p. ej., el senderismo, el camping, las embarcaciones sin motor y la observación de aves) sería compatible con la gestión de los embalses por la ciudad como fuentes de abastecimiento de agua no filtrada y las cuencas que lo rodean como zonas de amortiguamiento para tales sistemas.

## **Boston**

Boston es otra ciudad que, gracias a su previsión y la protección bastante agresiva del suelo que rodea sus fuentes de abastecimiento de agua, puede cumplir los rigurosos requisitos sanitarios para el agua potable impuestos por la SDWA con un filtrado mínimo. Al igual que Nueva York, Boston se alimenta de un suministro de agua localizado a cierta distancia –aproximadamente a 150 kilómetros al oeste– de su área metropolitana (figura 15.2). El embalse Quabbin fue construido en las décadas de 1930 y 1940, y llegó a ser la mayor reserva de ingeniería para abastecimiento de agua en el mundo. Su construcción implicó desviar dos ríos, el Swift y el Ware, y la 'toma' de tierras por el Gobierno y posterior sumersión de cuatro localidades rurales de Massachusetts.<sup>3</sup> El objetivo de crear el gran embalse Quabbin, que todavía da servicio a más de 3 millones de personas, era crear un sistema de abastecimiento de agua para la zona metropolitana de Boston que pudiera ser distribuida principalmente por gravedad y no requiriera filtración. El agua, en su recorrido hacia el este desde el embalse Quabbin, va primero al embalse Wachusett, a unos 56 kilómetros al oeste del área metropolitana de Boston. El embalse Wachusett actúa como un tanque de

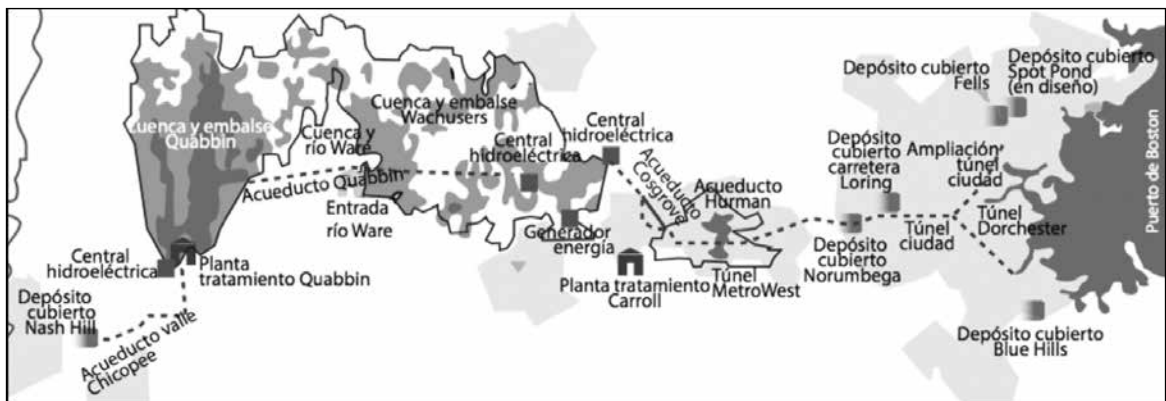
almacenamiento temporal o ‘área de reposo’ para el agua que se dirige hacia Boston para su consumo.

Durante décadas de planificación, gestión y adquisición de tierras, el estado de Massachusetts y la *Massachusetts Water Resources Authority* (MWRA, Autoridad de Recursos Hídricos de Massachusetts) –el distribuidor mayorista de agua para toda el área metropolitana de Boston– han constatado que más del 85 por ciento de las tierras de la cuenca que rodean los embalses de Quabbin y Wachusett están cubiertos de bosques y humedales y que no se puede construir en aproximadamente el 75 por ciento de las tierras totales de la cuenca (MWRA, s.f.). Al mantener tanta cantidad de territorio en su condición natural, Massachusetts y la autoridad responsable del agua garantizan que el agua suministrada a la zona metropolitana de Boston sigue estando limpia y necesita menos filtrado de lo que hubiera sido necesario en otras circunstancias (Barten et al., 1998). Tanto el estado como la autoridad del agua también patrullan las tierras que son propiedad del estado y aplican limitaciones al uso de la tierra bastante estrictas de manera que los usos permitidos no degraden la calidad del agua de sus embalses.

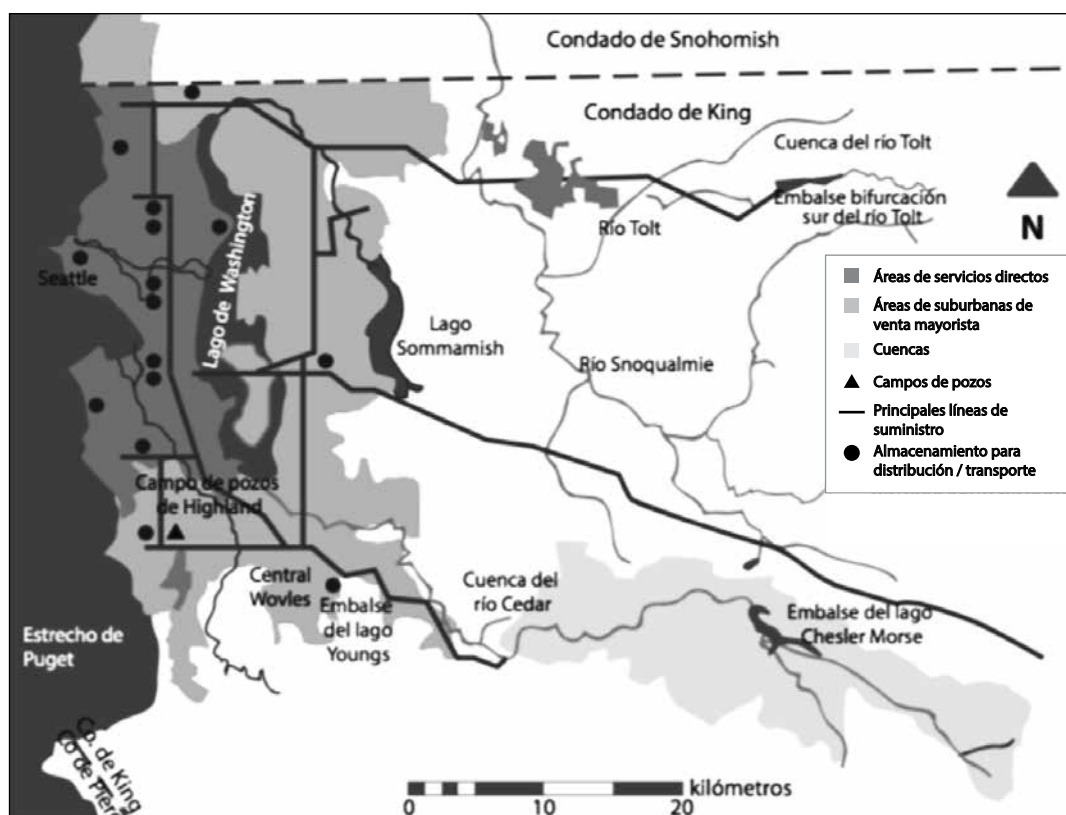
**Seattle**

Seattle ha dado también pasos importantes, durante un periodo que se extiende varias décadas, para proteger las tierras de las cuencas a fin de salvaguardar su suministro de agua; la ciudad tiene mucho que ofrecer al resto del mundo sobre cómo hacerlo. El abastecimiento de agua de Seattle viene de dos fuentes: la cuenca del río Cedar y la del río Tolt (figura 15.3). Seattle empezó a proteger la cuenca del río Cedar en la década de 1920, cuando buena parte de la misma ya había sido desforestada. Desde entonces, una gestión ribereña y forestal cuidadosa ha dado lugar a un bosque secundario sano y maduro que funciona bien para proteger la calidad de la cuenca (Barten et al., 1998).

**Figura 15.2**  
**Sistema de abastecimiento de agua de Boston**



Fuente: MWRA, s.f.

**Figura 15.3****Sistema de abastecimiento de agua de Seattle**

Fuente: Seattle Public Utilities, 2014

A su vez, esto garantiza que sus cuerpos de agua pueden ayudar a proporcionar agua potable a 1,4 millones de personas en el área metropolitana de Seattle, al tiempo que proporcionan aguas abajo caudales críticos para el salmón, los lagos y las esclusas. Seattle es propietario de casi toda la cuenca del río Cedar, más de 36.400 hectáreas, tras haber comenzado la adquisición de terrenos hace casi 100 años. En 1996, el *US Forest Service* (Servicio Forestal de los EE. UU.), propietario de importantes extensiones de tierra (particularmente en el oeste del país), dio la parte de la cuenca que estaba en su poder a Seattle. Esto permitió a la ciudad aumentar las cantidades de tierras que posee en la cuenca del río Cedar.

El río Tolt (bifurcación sur) es una cuenca más pequeña, pero es esencial para el conjunto del sistema: proporciona aproximadamente el 30 por ciento del agua que llega al área metropolitana de Seattle. Esta parte del sistema de abastecimiento de agua de Seattle es relativamente nuevo, ya que ha sido construido en 1964. Después de una permuta de tierras en 1997 con una compañía de productos forestales estadounidense, Seattle se convirtió en propietario de aproximadamente el 70 por ciento de la cuenca del río Tolt (Seattle Public Utilities, s.f.). El 30 por ciento restante se encuentra en el Bosque Nacional de Mt. Baker-Snoqualmie, propiedad del Gobierno estadounidense, de manera que toda la cuenca está protegida de cierto tipo de urbanización y uso.<sup>4</sup> Seattle gestiona activamente el uso de las cuencas del río Cedar y del río Tolt, pero dado que el agua procedente de estas cuencas está filtrada cuando llega al área metropolitana de Seattle, la utilización y gestión de ambas cuencas puede ser de algún modo más relajada que las de Nueva York y Boston, donde la estricta gestión del suelo de la cuenca permite usar ampliamente fuentes de agua no filtrada para usarla como agua potable.



Seattle está haciendo mucho más que proteger la cuenca al desarrollar infraestructura verde para el agua. La ciudad está a la vanguardia del movimiento de revisión del enfoque de 'talla única' para proporcionar agua de calidad a los diferentes consumidores. Seattle está experimentando con actividades de mantenimiento y construcción basadas en niveles deseados de servicios de agua tanto en lo que respecta a cantidad como a calidad. También está involucrando a sus ciudadanos en los asuntos de los sistemas de agua mediante programas similares a los de Filadelfia y Milwaukee, que son expuestos a continuación en este capítulo.

## Infraestructura verde dentro de los límites de la ciudad

### **Filadelfia**

Filadelfia, que tiene una población metropolitana de 6 millones de personas (US Bureau of Census, 2014), es una de las más grandes ciudades de los Estados Unidos. La ciudad ha emprendido un programa de infraestructura verde ambicioso y progresivo que, cuando esté implementado, transformará la manera en la que se abordan los problemas de agua residual y pluvial, y que concienciará a los habitantes de la ciudad sobre cómo la naturaleza puede resolver problemas de agua urbana. En 2011, el *Water Department* (Departamento de Agua) de Filadelfia recibió la autorización del *Department of Environmental Protection* (Departamento de Protección Ambiental) del estado de Pensilvania para usar un amplio abanico de técnicas de infraestructura verde en el ámbito local para reducir sustancialmente las descargas de los aliviaderos. En los 20-25 que siguen a esa fecha, Filadelfia invertirá hasta 2.000 millones de dólares en infraestructura verde y tradicional para ayudar a mantener sus cauces sin contaminación a través del *Green City/Clean Waters Programme* (Programa Ciudad Verde/Agua Limpia) (Philadelphia Water Department, 2011a; 2011b; Nutter, 2012).

Los aliviaderos combinados (Combined Sewers Overflows; CSO) son una fuente de contaminación del agua que aquejan a muchas ciudades de los Estados Unidos, especialmente las más antiguas del noreste y medio oeste del país (US EPA, 2001). Estas ciudades más antiguas tienen tuberías que combinan el agua de lluvia con las aguas residuales en un mismo sistema de conducción (US EPA, 2001). El problema con los CSO es que, durante las tormentas, grandes volúmenes de agua de lluvia hacen que funcionen al límite de su capacidad; es entonces cuando se 'desbordan' y descargan y liberan tanto las aguas residuales sin tratar como el agua pluvial contaminada en los cuerpos de agua locales. Cabe destacar que es probable que se produzcan más frecuentemente tormentas severas en muchas partes de los Estados Unidos como resultado del cambio climático, de manera que aumentarán los problemas de contaminación del agua causados por los CSO (Bolger et al., 2009).

Hay algunas soluciones convencionales para el desbordamiento de los aliviaderos (Moffa, 1997). Uno de ellos es sustituir el sistema de canalizaciones que transportan la mezcla de aguas por dos sistemas de tuberías paralelos –uno para el agua residual y otro para el agua pluvial–, pero esto supone levantar las calles y los vecindarios para instalar las nuevas conducciones. Otra solución convencional es construir enormes túneles subterráneos y conectarlos a los CSO. Cuando se producen tormentas severas, estos sistemas descargan por la parte inferior hacia los túneles, en lugar de hacerlo por su parte superior hacia el exterior de los CSO. En los periodos de tiempo seco, la mezcla de aguas residuales y pluviales es bombeada al exterior de los túneles y enviada a instalaciones de tratamiento de aguas residuales. Chicago es un ejemplo de ciudad estadounidense que ha aplicado esta solución a los CSO.

Las soluciones de infraestructura convencionales para el desbordamiento de los CSO pueden ser extremadamente caras y disruptivas, lo que explica en parte por qué los CSO siguen siendo una fuente de contaminación significativa y por qué el problema todavía debe ser abordado en muchos lugares (US EPA, 2011). Históricamente, las ciudades estadounidenses, cuando se las ha confrontado con el análisis de costos-beneficios puros, han decidido que los beneficios sanitarios y ambientales obtenidos no merecen las decenas o incluso los cientos de millones de dólares que cuesta el diseño y construcción de soluciones convencionales de infraestructura para las descargas de los CSO que contaminan los cuerpos de agua –especialmente cuando estas descargas contaminantes se producen solo unas pocas veces al año.

Para ayudar a resolver los problemas de contaminación por CSO en Filadelfia, el Programa Ciudad Verde/Aguas Limpias busca transformar el paisaje urbano de la ciudad de manera que deje de estar constituido casi exclusivamente de superficies construidas por el ser humano, que empujan y centralizan el agua de lluvia en el sistema de conducciones combinado de la ciudad, para convertirlo en un paisaje verde que capta naturalmente, en la medida de lo posible, tanta agua de lluvia como recibe, la absorbe y almacena por medios naturales. Estos ‘dispositivos técnicos’ de infraestructura verde incluyen zanjas arboladas de infiltración, aceras ajardinadas, pavimentos permeables, jardines de lluvia y canchales de infiltración que absorberán la lluvia ‘como antes lo hacía la naturaleza’ (Nutter, 2012). En los próximos 20-25 años, Filadelfia espera ver transformada una parte importante de su paisaje urbano (Philadelphia Water Department, 2011b).

Una cuestión crítica para Filadelfia y las entidades gubernamentales que garantizan que la ciudad cumple completamente los controles de contaminación del agua federal y estatal es esto: ¿podrá un enfoque que integra completamente la infraestructura verde y la convencional tener éxito en la resolución de los problemas de contaminación del agua que quedan en la ciudad? El avance logrado hasta ahora es alentador. Antes de anunciar el programa Ciudad Verde/Aguas Limpias, el Departamento de Agua de Filadelfia desarrolló intensamente proyectos demostrativos de infraestructura verde que contribuían al paisaje urbano y ofrecieron a la ciudad y sus colaboradores la oportunidad no solo de monitorear la eficacia de los planteamientos de infraestructura verde, sino también mejorar esos proyectos después de evaluar su desempeño inicial. Los proyectos también contribuyeron a reforzar la concienciación ciudadana sobre los beneficios multidimensionales del programa cuando fue anunciado.

Del trabajo inicial de Filadelfia en la realización del programa Ciudad Verde/Aguas Limpias se desprende claramente que la infraestructura verde tiene beneficios en múltiples aspectos. El placer estético de una ciudad verde –incluso si el propósito fundamental es controlar el agua de lluvia– atrae nuevos residentes a la ciudad y los anima a reinvertir emocionalmente en ella. La mayoría de las veces, los espacios verdes al aire libre construidos para controlar el agua de lluvia pueden ser usados para otros fines –para practicar deportes, comidas campestres y conciertos al aire libre. Además, a los niños en edad escolar les gusta construir cosas y, si bien no pueden participar en la construcción de infraestructura convencional, pueden sin duda participar en el cultivo de árboles, el diseño y cultivo de jardines y muchas otras actividades para crear infraestructura verde. Todos estos factores influyeron en que el Departamento de Agua de Filadelfia ‘determinara que un enfoque basado en la infraestructura verde para el agua de lluvia proporciona un máximo retorno en beneficios ambientales, económicos y sociales en el plazo más eficiente, haciendo que sea el mejor planteamiento para la ciudad de Filadelfia’ (Philadelphia Water Department, 2011a).

## Milwaukee

Aunque quizá no es tan conocida internacionalmente como las otras ciudades presentadas en este capítulo, Milwaukee, en Wisconsin, tiene mucho que compartir con la comunidad internacional en lo que respecta a infraestructura verde para el sector del agua. El trabajo que Milwaukee ha emprendido en los últimos diez años coloca a la ciudad a la vanguardia de los esfuerzos globales para desarrollar enfoques de infraestructura verde integrada y sostenible para los problemas de control de la contaminación del agua. Como en el caso de Boston, Nueva York, Filadelfia y Seattle, Milwaukee no sufre escasez de agua.<sup>5</sup> Más que proteger las fuentes aguas arriba, los esfuerzos de infraestructura verde de Milwaukee están dirigidos principalmente a controlar la contaminación del agua –concretamente a proteger el lago Michigan, uno de los mayores lagos de agua dulce en el mundo.

Desde principios de la década de 2000, el *Milwaukee Metropolitan Sewerage District* (MMSD, la agencia gubernamental que da servicio de alcantarillado al área metropolitana de Milwaukee) ha desarrollado programas de infraestructura verde que están completamente integrados con la infraestructura convencional para gestionar las aguas residuales y de lluvia. Lo importante desde la perspectiva del intercambio de conocimientos es la amplitud de los esfuerzos realizados para incorporar nuevos planteamientos para el control del agua pluvial con otros más tradicionales. El MMSD utiliza enfoques naturales para apoyar y proteger la infraestructura dura en la que ha invertido durante décadas. El MMSD también ha explicado por qué ha implementado y continuado a operar varios programas de control de contaminación del agua mediante infraestructura verde –primero y ante todo por los aspectos económicos involucrados:

Al almacenar y drenar agua en el suelo de forma natural, [el programa *Greenseams*] ayuda a prevenir inundaciones futuras, al tiempo que apoya y protege proyectos de gestión de inundaciones estructurales del MMSD – inversiones en infraestructuras valoradas en cientos de millones de dólares.

(Milwaukee Metropolitan Sewerage District, s.f.)

*Greenseams* es un programa de gestión de las inundaciones ejecutado por el MMSD que adquiere la titularidad plena o servidumbres de conservación de importantes superficies de tierra alrededor del lago Michigan y sus ríos tributarios. El MMSD identifica tierras estratégicamente importantes desde el punto de vista del control de las inundaciones –de la misma forma que Nueva York identifica tierras estratégicamente importantes desde la perspectiva de la protección del abastecimiento de agua– las cuales pueden no estar explotadas, ser propiedades privadas para el control de inundaciones en las que se espera crecimiento, humedales y corredores ribereños de arroyos y corrientes que van hacia el lago Michigan.

Al promover *Greenseams* entre sus contribuyentes, el MMSD subraya los beneficios multidimensionales que aportan los enfoques de infraestructura verde a los sistemas de agua:

Todas las tierras adquiridas [bajo el programa *Greenseams*] seguirán sin ser explotadas, protegiendo el agua y proporcionando la capacidad de almacenar agua de lluvia y de nieve derretida. El mantenimiento de

los humedales y la recuperación de estos lugares pueden proporcionar un almacenamiento adicional. *Greenseams* también preserva el hábitat de la flora y la fauna y crea oportunidades recreativas para las personas que viven en la región. Cuando es posible, las propiedades pueden ser utilizadas para el senderismo, la observación de las aves y otras actividades de ocio pasivas.

(Milwaukee Metropolitan Sewerage District, s.f.)

Un aspecto interesante de *Greenseams* es que, después de establecer los objetivos del programa e identificar las tierras que buscaba adquirir, el MMSD creó el *Conservation Fund* (Fondo de Conservación), una de las mayores organizaciones de conservación de la tierra de Estados Unidos, para ejecutar el programa (Milwaukee Metropolitan Sewerage District, s.f.). El Fondo de Conservación tiene la experiencia y los recursos para llevar a cabo un esfuerzo de conservación de la tierra sofisticado y sostenido como *Greenseams*, de manera que gracias a esta alianza MMSD evitó el esfuerzo de desarrollar esta pericia internamente.

Otro aspecto importante del planteamiento de Milwaukee sobre infraestructura verde es su inclusión en el enfoque general de la ciudad respecto a la próxima generación de infraestructura de agua. No sólo Milwaukee usa la adquisición de tierras y los esfuerzos de protección de manera similar a Nueva York, Boston y Seattle, sino que también tiene varios programas importantes de infraestructura verde dentro de los límites de la ciudad, en la misma línea que los de Filadelfia. Por ejemplo, ha involucrado a la ciudadanía en el programa *Every Drop Counts* (Cada gota cuenta) del MMSD, que induce a los clientes a la protección ambiental, los beneficios económicos y la responsabilidad social:

Pueden reducir la contaminación del agua, sus costos de agua y ayudar a preservar el lago Michigan -captando al mismo tiempo el agua de lluvia del tejado en un barril. ¡Los barriles de lluvia son divertidos y fáciles de instalar!

(St. Croix County, s.f.)

Los Barriles de Lluvia (tanques de agua) y los Jardines de Lluvia son otros programas dirigidos a involucrar a los clientes del MMSD en los esfuerzos generales a favor de la infraestructura verde de la ciudad, al tiempo que mantienen el agua de lluvia contaminada fuera del lago Michigan y sus ríos tributarios. Al igual que los esfuerzos de Filadelfia para crear un entorno que absorba más el agua de lluvia, el MMSD pide a sus clientes que ayuden al control del agua pluvial plantando ciertos tipos de jardines:

Los jardines de lluvia absorben agua de sus tejados, la entrada de su estacionamiento, los senderos o patios. Ligeramente diferente del típico jardín de flores, los jardines de lluvia tienen flores salvajes y especies vegetales nativas con raíces profundas que ayudan al suelo a absorber más agua...

(Fresh Coast, s.f.)

Los jardines de lluvia ayudan a reducir el riesgo de contaminación al mantener el exceso de agua fuera de las alcantarillas y evitar que se conviertan en escorrentías contaminadas. Según el *Wisconsin Department of Natural Resources* (Departamento

de Recursos Naturales de Wisconsin), los jardines de lluvia pueden absorber 30 por ciento más agua que una césped convencional bien cuidado (Wisconsin DNR, 2012). El MMSD hace lo más fácil posible que sus clientes puedan participar en los programas de Barriles de Lluvia y Jardines de Lluvia. Aconseja a sus clientes sobre dónde comprar los barriles y cada año vende plantas para este tipo de jardín a precios con descuento como incentivo para sus clientes. Además, pone de relieve los aspectos comunitarios de la participación mediante el uso de un lenguaje inclusivo (p. ej., 'todos los miembros de la comunidad' pueden participar) para describir los programas. Este será un mensaje clave para los programas de infraestructura verde en el futuro puesto que el éxito de muchos de ellos dependerá de esfuerzos locales descentralizados.

## **El financiamiento de infraestructura verde en el sector del agua**

Por supuesto, el crecimiento de la infraestructura verde en el sector del agua depende en gran medida de la disponibilidad de fondos. Independientemente de que se prefiera una solución de tuberías y concreto o una solución verde, ningún proyecto de infraestructura puede tener éxito sin el capital necesario. Aunque en el pasado ha habido impedimentos para permitir a las ciudades utilizar fondos para infraestructura verde, en los diez últimos años, con el crecimiento del interés y el impulso al desarrollo de infraestructura verde, se han logrado avances para abrir los mecanismos de financiamiento a este tipo de infraestructura en las ciudades de los EE. UU. (Bolger et al., 2009).

Es importante dar un breve resumen de cómo han financiado históricamente y se financian ahora los sistemas de agua en las ciudades de los Estados Unidos para que las ciudades latinoamericanas puedan evaluar los métodos de financiación disponibles para pagar la infraestructura verde (véanse también los capítulos 3 y 13). Las ciudades de los EE. UU. pagan actualmente el desarrollo de sistemas de agua con financiamiento en efectivo o mediante deuda, pero durante décadas (hasta la segunda mitad de la década de 1980) recibieron grandes subvenciones estatales y federales para sus sistemas de agua. Dado que los sistemas de infraestructura convencionales son tan caros, raramente pueden ser pagados con financiación en efectivo. Por tanto, las ciudades estadounidenses casi siempre necesitan financiar los sistemas de agua mediante la contratación de deuda y usualmente obtienen dinero emitiendo bonos municipales, que garantizan un tratamiento fiscal federal y estatal favorable para los inversores.

A medida que se ha dado una mayor aceptación y prevalencia de la infraestructura verde en las ciudades estadounidenses, se ha hecho más fácil su financiamiento. Aunque la EPA señala que 'la falta de financiación es citada constantemente como una barrera para la implementación de infraestructura verde' (US EPA, s.f.), existe una amplitud de mecanismos financieros para que las ciudades estadounidenses puedan obtener infraestructura verde como parte de sus sistemas de agua del siglo XXI y nuevos mecanismos están atrayendo una creciente atención. La EPA es, de hecho, un paladín de ese financiamiento y orienta a los municipios deseosos de obtener fondos para infraestructura verde hacia las fuentes útiles.

Lo que se necesitaría ahora en los EE.UU. es que los mecanismos financieros tradicionales para los sistemas de agua, tales como los mercados de bonos municipales, faciliten el financiamiento a distintos sistemas descentralizados que no se ajustan a la definición tradicional de las empresas de sistemas de agua:

Los mercados de bonos son utilizados tradicionalmente para financiar el desarrollo de sistemas centralizados que son de propiedad exclusiva

de las entidades emisoras y están garantizados por los ingresos y activos físicos del sistema. Cuando una empresa quiere financiar obras con su base de clientes (p. ej., un programa de barriles de lluvia) para desarrollar una red de infraestructura verde sobre terrenos privados en toda la ciudad, el mercado de bonos puede no ser una opción viable.

(Fundación Johnson, 2011)

## **Reflexiones sobre la protección de las cuencas urbanas estadounidenses y los esfuerzos a favor de la infraestructura verde**

¿Qué reflexiones y conocimientos pueden ofrecer las ciudades estadounidenses a sus homólogas latinoamericanas respecto a la protección de cuencas y el uso de infraestructura verde para los sistemas de agua? En los ejemplos mencionados anteriormente, se pueden identificar características comunes que, sin duda, pueden usar como base para una reflexión y un planeamiento preliminar las ciudades latinoamericanas que inician la protección a gran escala de la cuenca como un medio para proteger el sistema de abastecimiento de agua. En los últimos años, se ha realizado un gran trabajo en los EE. UU. para la recuperación de las cuencas – incluidos los bosques, los corredores ribereños y las zonas litorales en su interior. Este conocimiento puede y debería ser transferido a América Latina:

- Cuando antes comience la protección de la cuenca en la gestión general de un sistema de agua, mayor será la probabilidad de tener éxito. Nueva York, Boston y Seattle identificaron la protección de las tierras alrededor de los embalses que abastecen agua como características críticas de la gestión de sus sistemas de suministro cuando estaban construyendo sus reservorios para agua superficial, no años ni décadas después.
- La cuenca que se va a proteger debe estar relativamente prístina, o la recuperación de las tierras de la cuenca, los corredores ribereños y las zonas litorales a lo largo de los cuerpos de agua debería ser relativamente fácil para que las intervenciones tengan una alta probabilidad de éxito.
- También se debe determinar el grado en el que las actividades de protección de la cuenca pueden realmente sustituir a instalaciones de ingeniería para el filtrado del agua. Idealmente, las actividades de la infraestructura verde son el equivalente funcional, o mejores, que las de infraestructura dura –construida con un gran costo de capital y a menudo con altos costos de mantenimiento y operación.
- Se deben identificar y asegurar fuentes de financiamiento para las actividades de protección de las cuencas. Al igual que ocurre con la infraestructura dura tradicional, los enfoques de protección de las cuencas necesitan tener financiamiento para bienes de capital (comprando o arrendando tierra) y el financiamiento de las operaciones (gestionando la tierra o pagando por cambios de comportamiento a terceras partes).
- Se deben emprender esfuerzos educativos y de concienciación sobre la protección de las cuencas. Estas actividades garantizarán que los usuarios de agua entienden el vínculo entre el abastecimiento de agua para sus residencias y negocios y las actividades en las cuencas que ellos están pagando, especialmente considerando que las actividades de protección de las cuencas ocurren a menudo a cierta distancia del lugar donde se encuentran los consumidores.

- Se debe establecer una amplia autoridad para controlar las actividades en las zonas de las cuencas. Esto se puede hacer mediante leyes que otorguen esa autoridad a entidades que gestionan el agua o mediante contratos que sean válidos y vinculantes entre terceras partes.

Como indica el capítulo 14, ya se está realizando un importante trabajo para proteger las cuencas como un medio de proteger el abastecimiento de agua en muchas partes de América Latina. Quito (Ecuador), Bogotá (Colombia) y otras ciudades en toda la región están participando en programas de 'fondos de agua' que recaudan dinero entre los consumidores de agua urbanos y de otras fuentes para pagar por la protección de las cuencas mediante la adquisición de tierras y pagando a los propietarios de tierras, los productores agrícolas y forestales y los habitantes en las zonas altas de la cuenca para que alteren sus actividades y su comportamiento de manera que protejan la calidad de las fuentes de agua en la parte alta de las cuencas.

Respecto a la infraestructura verde para agua dentro de la ciudad, la experiencia y los conocimientos en los Estados Unidos pueden tener también un valor considerable para las ciudades latinoamericanas. Esa experiencia y conocimientos incluyen lo siguiente:

- Se debe considerar la infraestructura de sistemas de agua como un sistema integrado consistente en componentes naturales y de ingeniería. Con esto en mente, en la medida en que las ciudades latinoamericanas no han invertido o desarrollado los componentes de ingeniería de sus sistemas de agua, pueden querer empezar con los componentes naturales o tomar decisiones en línea con el enfoque basado en la infraestructura verde para agua de lluvia de Filadelfia.
- Se deben considerar cuidadosamente las necesidades centralizadas o descentralizadas de los sistemas de agua urbana. ¿Es una solución centralizada la mejor respuesta a un problema como el control de agua de lluvia? o ¿se pueden unir los enfoques verdes descentralizados a un programa general para controlar las aguas pluviales? En general, los sistemas descentralizados en varios lugares tienen una mayor flexibilidad y pueden ser respuestas más adecuadas en una era de incertidumbre inducida por el cambio climático. Además, los componentes descentralizados de los sistemas de agua pueden escalonarse y ser más eficientes en cuanto a recursos y consumo de energía, mientras que es mucho más difícil desagregar grandes sistemas centralizados, después de que éstos se han construido, en componentes más pequeños.
- Se deben determinar y cuantificar los múltiples beneficios que aportan los enfoques de infraestructura verde a los sistemas de agua. Los beneficios pueden ser cuantificados y se puede y debe hacer un trabajo analítico riguroso cuando se decida qué enfoque es mejor para una ciudad dada.
- La planificación de la infraestructura para un sistema de agua puede comenzar con el criterio de que, en la medida de lo posible, se deben crear sistemas de agua que proporcionen el agua adecuada para las necesidades adecuadas. Esto significa, por ejemplo, que no es necesario proporcionar agua potable para regar áreas al aire libre. Los sistemas de agua que integran planteamientos de infraestructura verde de manera que los clientes puedan diferenciar y elegir entre diferentes ofertas de agua pueden ser muy beneficiosos para que los consumidores de agua aprecien el valor de este recurso, usando potencialmente mecanismos de mercado para establecer el precio de aguas de diferente calidad y permitiendo que los consumidores lo entiendan y lo acepten.

## Conclusiones

Se debe considerar la protección de las cuencas y los enfoques de infraestructura verde en el interior de la ciudad a medida que tiene lugar la planificación y los compromisos para futuros sistemas de agua en las ciudades de América Latina. De la experiencia en los Estados Unidos se pueden sacar cierto número de consideraciones respecto a las actividades de protección de las cuencas y la infraestructura verde. Es factible unir a los ciudadanos de las áreas urbanas con los usuarios de tierras no urbanas en los esfuerzos para tener sistemas de agua urbanos que imiten a los sistemas naturales mediante infraestructura verde. Todas las ciudades con infraestructuras con diferente grado de envejecimiento y estado de reparación afrontan las incertidumbres creadas por los desafíos del cambio climático; y no puede haber duda de que los sistemas de agua urbana que surgirán en el futuro serán bastante diferentes de los sistemas del pasado o los actuales.

Las soluciones de crecimiento verde desempeñarán un papel vital creciente para las áreas urbanas y sus necesidades de agua, tanto en las ciudades latinoamericanas como en las estadounidenses. Ya sea en Quito o en Filadelfia, el trabajo que se está realizando actualmente para impulsar los conceptos, el diseño y la implementación del crecimiento verde –la protección sofisticada de cuencas de largo plazo en Quito o las sofisticadas soluciones de largo plazo para el agua pluvial con infraestructura verde en Filadelfia– está pasando rápidamente de ser una ‘corriente verde’ bastante marginal a ser la ‘corriente principal’ en tanto que solución viable para numerosos problemas de agua urbana.

La posibilidad de planificar y construir sistemas de agua urbana que permitan diferenciar y priorizar –tanto infraestructura dura tradicional como infraestructura verde– es uno de los dos aspectos más prometedores del desarrollo del crecimiento verde. El otro es su capacidad de conectar a los seres humanos con el mundo natural, especialmente en las ciudades, donde la desconexión con el medio ambiente natural está creciendo y es problemática por sus ramificaciones para el desarrollo de entornos urbanos sostenibles.

Desde el punto de vista del intercambio de conocimiento y la difusión mundial, uno de los aspectos destacados de la edad electrónica es que permite la difusión de información instantánea de una parte a otra del mundo. Existen oportunidades extraordinarias para que las ciudades de los Estados Unidos y de América Latina compartan experiencias y conocimientos sobre la nueva generación de infraestructura para sistemas de agua que se está concibiendo, diseñando y construyendo actualmente –los sistemas de agua del siglo XXI– y especialmente sobre los nuevos e interesantes asuntos de desarrollo de infraestructura verde. Es crítico continuar trabajando para crear alianzas entre las ciudades latinoamericanas, estadounidenses y de otras partes del mundo, de manera que se constituya un fondo de conocimiento y experiencias comunes del que, en última instancia, se beneficien todos los habitantes de las zonas urbanas.



## Notas

- <sup>1</sup> Bajo la Ley de Agua Limpia (CWA, por sus siglas en inglés) y la Ley de Agua Potable Segura (SDWA, por sus siglas en inglés), los estados pueden delegar autoridad que, de otra manera, estaría en manos del Gobierno federal -la EPA.
- <sup>2</sup> La protección de las cuencas en los Estados Unidos puede involucrar comprar tierras directamente, colocar una servidumbre ecológica sobre la tierra para limitar el desarrollo y otros usos, arrendar la tierra a largo plazo o utilizar otros mecanismos de conservación de la tierra para asegurar el éxito de la protección de los cuerpos de agua dentro de la cuenca.
- <sup>3</sup> En los Estados Unidos, cuando el Gobierno federal (o el estatal y el municipal) confisca o ‘toma’ tierras de individuos mediante un proceso denominado *eminent domain* [expropiación], debe compensarlos con el valor de la propiedad a precios de mercado. Hasta hoy, se siguen confiscando tierras alrededor de cuerpos de agua para el abastecimiento, el control de inundaciones y la generación de hidroelectricidad, y estas confiscaciones (como ocurrió con el embalse Quabbin de Massachusetts) a menudo involucran el desplazamiento permanente de miles, si no millones, de personas.
- <sup>4</sup> Las tierras al interior de los bosques nacionales de los Estados Unidos pueden ser gestionadas para la producción de madera y otros propósitos, como áreas de esquí, de manera que desde la perspectiva de la gestión de la cuenca, el hecho de que parte de ésta se encuentre en el interior de un bosque nacional no significa necesariamente que esté protegida de forma inadecuada.
- <sup>5</sup> Aunque Boston y Nueva York están situadas en el noreste de los Estados Unidos, una parte del país que recibe precipitaciones anuales importantes, se producen alertas ocasionales de sequía y restricciones al consumo de agua en estas ciudades en los años secos cuando los sistemas de los embalses se encuentran en un nivel límite de producción segura. Filadelfia extrae su agua de dos ríos importantes, el Schuylkill y el Delaware, y por tanto no necesita preocuparse por el suministro de agua desde una perspectiva cuantitativa. Milwaukee están en la mejor situación de todos, al tener uno de los lagos más grandes en el mundo, del cual obtiene su suministro del agua.

## Referencias

- Aspen Institute (2009). Sustainable water systems: Step one – Redefining the nation’s infrastructure challenge, The Aspen Institute, Washington, DC.
- ASCE (2009). “2009 Report card for America’s infrastructure”, consultado el 14 de febrero de 2014, <http://www.asce.org/Infrastructure/Report-Card/2009-Report-Card-for-America-s-Infrastructure/>
- ASCE (2011). *Failure to act: The economic impact of current investment trends in water and wastewater treatment infrastructure*, Economic Development Research Group, Inc., en colaboración con Downstream Strategies for the American Society of Civil Engineers, Reston, VA.
- Barten, P. K., Kyker-Snowman, P., Thomas, M., O’Connor, R. y Spencer, B. A (1998). “Massachusetts: Managing a watershed protection forest”, *Journal of Forestry*, vol. 96, n.º 8, pp. 10-15.

- Bolger, R., Monsma, D. y Nelson, R. (2009). *Sustainable water systems: Step one – Redefining the nation's infrastructure challenge. A report of the Aspen Institute's Dialogue on sustainable water infrastructure in the U.S.*, Programa de Energía y Medio Ambiente de The Aspen Institute, Washington, D.C.
- Brody Guy, A. (2012). *Remaking America's urban water systems, Breakthroughs*, The Magazine of the UC Berkeley College of Natural Resources, CA.
- Fresh Coast (s.f.). "MMSD rain gardens project", consultado el 10 de junio de 2014, <http://h2ocapture.com/learn/fundingprograms/rain-gardens-project>
- Fundación Johnson (2011). *Convening report: Financing sustainable water infrastructure*, American Rivers, Ceres y la Johnson Foundation en Wingspread, Waters, C. N., Racine, WI.
- MWRA-Massachusetts Water Resources Authority (Autoridad de Recursos Hídricos de Massachussets) (s.f.) "How the MWRA water system works", <http://www.mwra.com/04water/html/watsys.htm>, accessed 29 May 2014.
- Milwaukee Metropolitan Sewerage District (s.f.). "Greenseams", consultado el 29 de mayo de 2014, <http://www.mmsd.com/floodmanagement/greenseams>
- Moffa, Peter E. (1997). *Control and treatment of combined sewer overflows*, Van Nostrand Reinhold Publishers, Nueva York.
- Nutter, M. A. (2012). *Philadelphia's green city clean waters plan: Blending tradition, innovation to renew our water resources*, The United States Conference of Mayors /US Mayor Newspaper (la Conferencia de Alcaldes de los Estados Unidos/Diario de los Alcaldes de EE. UU.), Washington, D.C.
- NYC Environmental Protection (Protección Medioambiental de la Ciudad de Nueva York) (2014). "Extended New York City watershed land acquisition program", consultado el 29 de mayo de 2014, [http://www.nyc.gov/html/dep/html/environmental\\_reviews/lap.shtml](http://www.nyc.gov/html/dep/html/environmental_reviews/lap.shtml)
- Osborne, R. (2007). "Five largest unfiltered water systems", consultado el 14 de febrero de 2014, <http://watercrunch.com/2007/04/5-largest-unfiltered-water-systems>
- Philadelphia Water Department (Departamento del Agua de Filadelfia) (2011a). *Amended green city, clean waters. TheCity of Philadelphia's program for combined sewer overflow control*, Resumen del Programa, Departamento del Agua de Filadelfia, Filadelfia.
- Philadelphia Water Department (Departamento del Agua de Filadelfia) (2011b). *PWD and PADEP sign historic agreement to officially launch green city, clean waters*, Departamento del Agua de Filadelfia, Filadelfia.
- Seattle Public Utilities (Empresa de Servicios Públicos de Seattle) (s.f.). "Tolt river watershed", consultado el 9 de junio de 2014, [http://www.seattle.gov/Util/EnvironmentConservation/OurWatersheds/Tolt\\_River\\_Watershed/](http://www.seattle.gov/Util/EnvironmentConservation/OurWatersheds/Tolt_River_Watershed/)
- St. Croix County (Condado de St. Croix) (s.f.). "Rain barrel program", consultado el 10 de junio de 2014, <http://www.co.saint-croix.wi.us/index.asp?SEC=%7B7634A9FD-BE2F-4C52-8C9E-F6381CA01A3D%7D>
- US Bureau of Census (Oficina del Censo de los EE. UU.) (2014). "Top metropolitan areas", <http://www.ntc-dfw.org/northtexas/poplargestmetro.html>.

- US EPA (Agencia de Protección del Medio Ambiente de los EE. UU.) (2001). "Combined sewer overflow", consultado el 9 de mayo de 2014, <http://www.epa.gov/nrmrl/wswrd/wq/stormwater/cso.pdf>
- US EPA (Agencia de Protección del Medio Ambiente de los EE. UU.) (2002). *The clean water and drinking water infrastructure gap analysis*, Office of Water, (Oficina del Agua), Estados Unidos.
- US EPA (Agencia de Protección del Medio Ambiente de los EE. UU.) (s.f.). "Funding opportunities", consultado el 29 de mayo de 2014, [http://water.epa.gov/infrastructure/greeninfrastructure/gi\\_funding.cfm](http://water.epa.gov/infrastructure/greeninfrastructure/gi_funding.cfm)
- Van Ast, L., Maclean, R. y Sireyol, A. (2013). *White paper: Valuing water to drive more effective decisions*, Yarra Valley Water/Trucost, Australia.
- WeiserMazars (2012). *U.S. Water industry outlook*, WeiserMazars LLP, Nueva York.
- Wisconsin Department of Natural Resources (Departamento de Recursos Naturales de Wisconsin) (2012). "Raingardens: A beautiful way for you to reduce runoff pollution", consultado el 17 de mayo de 2014, <http://dnr.wi.gov/topic/stormwater/raingarden>

