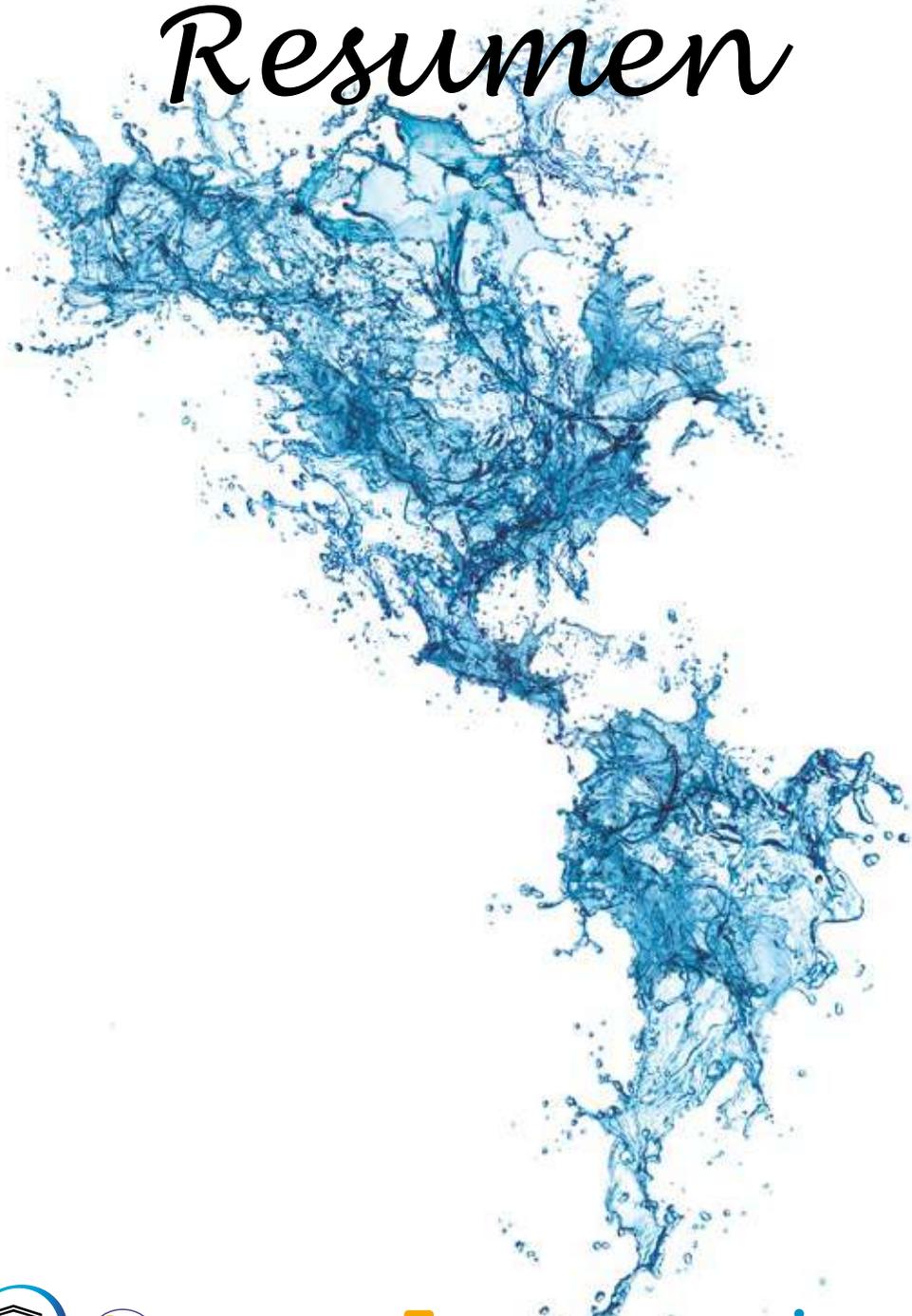


# DESAFÍOS DEL **AGUA URBANA** EN LAS AMÉRICAS

*Perspectivas de las Academias de Ciencias*

## *Resumen*



# *Resumen*

DESAFÍOS DEL  
**AGUA URBANA**  
EN LAS AMÉRICAS

*Perspectivas de las Academias de Ciencias*

## Red Interamericana de Academias de Ciencias

IANAS es la red regional de Academias de Ciencias creada para apoyar la cooperación con el interés de fortalecer la ciencia y la tecnología como herramientas para el avance en la investigación, desarrollo, prosperidad y equidad en las Américas.

### IANAS

Co-Chairs: **Juan Asenjo** (Chile) y **Jeremy McNeil** (Canadá)

Directora Ejecutiva: **Adriana de la Cruz Molina**

### Coordinación Editorial

Co-Chairs **Katherine Vammen** (Nicaragua) y **Henry Vaux** (EUA)

### Programa de Agua de IANAS

Co-Chairs: **Katherine Vammen** (Nicaragua), **Henry Vaux** (EUA)

**Blanca Jiménez** (México) y Co-Chair Honorario: **José Tundisi** (Brasil)

### Comité Editorial

**Gabriel Roldán** (Colombia), **María Luisa Torregrosa** (México),  
**Katherine Vammen** (Nicaragua), **Ernesto J. González** (Venezuela),  
**Claudia Campuzano** (Colombia), **Hugo Hidalgo** (Costa Rica) y  
**Adriana de la Cruz Molina** (México)

### Corrección de estilo

**Ma. Areli Montes Suárez**

### Traducción

**Suzanne D. Stephens**

### Diseño y diagramación

**Víctor Daniel Moreno Alanís**

### Diseño original de portada

**Francisco Ibraham Meza Blanco**

### Apoyo administrativo

**Alejandra Buenrostro**

Esta obra es un Resumen Ejecutivo de la publicación:

***Desafíos del Agua Urbana en las Américas. Perspectivas de las Academias de Ciencias***

Disponible de manera gratuita en <http://www.ianas.org/index.php/books/ianas-publications>

Impreso por The Inter-American Network of Academies of Sciences (IANAS), Calle Cipreses s/n, Km 23.5 de la Carretera Federal México-Cuernavaca, 14400, Tlalpan, Ciudad de México, México; por United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), 7, place de Fontenoy, 75352 Paris 07 SP, France; y por la oficina de la UNESCO en Montevideo, Edificio Mercosur, Luis Pereira 1992, 20 piso, casilla de correo 859, 11200 Montevideo, Uruguay.

© IANAS y UNESCO 2018

ISBN: 978-607-8379-12-5

Impreso en México

Los contenidos y conceptos presentados en esta publicación no implican la expresión pública o de opinión de ninguna forma de la UNESCO en relación con la condición legal de ningún país, territorio, ciudad o área o de sus autoridades, o relacionado con las delimitaciones fronterizas o límites. Las ideas y opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no representan necesariamente las ideas de IANAS, IAP o de la UNESCO y no comprometen a la organización.

Esta obra ha sido impresa en papel ecológico (certificación FSC): una parte de las fibras proviene de materiales reciclados y, otra, de bosques explotados de manera sustentable. Además, el papel es libre de cloro elemental en su producción (Certificación ECF) con objeto de contribuir a la conservación de los recursos hídricos.

# Resumen

## DESAFÍOS DEL **AGUA URBANA** EN LAS AMÉRICAS

*Perspectivas de las Academias de Ciencias*



# Contenido

- |  |  |           |
|--|--|-----------|
|    | <b>Resumen ejecutivo</b>   | <b>07</b> |
|    | <b>Desafíos planteados por el manejo de aguas en zonas urbanas en <a href="#">Argentina</a></b><br>Raúl Antonio Lopardo, Jorge Daniel Bacchiega y Luis E. Higa   | <b>13</b> |
|    | <b>Calidad del agua en el Área Metropolitana de El Alto y La Paz del Estado Plurinacional de <a href="#">Bolivia</a></b><br>Fernando Urquidi Barrau  | <b>17</b> |
|    | <b>Aguas urbanas en <a href="#">Brasil</a></b><br>José Galizia Tundisi, Carlos Eduardo Morelli Tucci, Fernando Rosado Spilki, Ivanildo Hespanhol, José Almir Cirilo, Marcos Cortesão Barnsley Scheuenstuhl y Natalia Andricioli Periotto   | <b>21</b> |
|    | <b>Panorama del abastecimiento, uso y tratamiento del agua en <a href="#">Canadá</a></b><br>Banu Örmeci  | <b>25</b> |
|   | <b>Gestión integral de las aguas pluviales en la ciudad de <a href="#">Toronto</a></b><br>Michael D'Andrea   | <b>29</b> |
|  | <b>Seguridad hídrica en ciudades de <a href="#">Chile</a>: avances y desafíos pendientes</b><br>James McPhee, Jorge Gironás, Bonifacio Fernández, Pablo Pastén, José Vargas, Alejandra Vega y Sebastián Vicuña   | <b>33</b> |
|  | <b>El agua urbana en <a href="#">Colombia</a></b><br>Claudia P. Campuzano Ochoa, Gabriel Roldán, Andrés E. Torres Abello, Jaime A. Lara-Borrero, Sandra Lorena Galarza-Molina, Juan Diego Giraldo Osorio, Milton Duarte, Sandra Méndez Fajardo, Luis Javier Montoya Jaramillo y Carlos Daniel Ruiz | <b>37</b> |
|  | <b>Las aguas urbanas en <a href="#">Costa Rica</a></b><br>Hugo G. Hidalgo León, Carolina Herrero Madriz, Eric J. Alfaro Martínez, Ángel G. Muñoz, Natalie P. Mora Sandí, Darner A. Mora Alvarado y Víctor H. Chacón Salazar  | <b>39</b> |
|  | <b>Gestión de acuíferos de islas en trópicos húmedos: El ciclo del agua urbana en La Habana, <a href="#">Cuba</a></b><br>Daniela de las Mercedes Arellano Acosta, L.F. Molerio-León, Ma. I. González González y E.O. Planos Gutiérrez  | <b>45</b> |
|  | <b>Perspectiva de las aguas urbanas en <a href="#">El Salvador</a></b><br>Julio César Quiñonez Basagoitia  | <b>49</b> |

	<b>Un panorama de la gestión y de los problemas del agua para uso urbano en los <a href="#">Estados Unidos de América</a></b> Henry Vaux, Jr.	<b>53</b>
	<b>Impacto del desarrollo en el suministro y saneamiento del agua en <a href="#">Grenada</a></b> Martin S. Forde	<b>57</b>
	<b>El agua urbana en <a href="#">Guatemala</a></b> Manuel Basterrechea, Carlos Cobos y Norma Gill	<b>61</b>
	<b>Gestión del agua urbana en <a href="#">Honduras</a>: el caso de Tegucigalpa</b> Marco Antonio Blair Chávez y Manuel Figueroa	<b>65</b>
	<b>Agua urbana en <a href="#">México</a></b> Ismael Aguilar Barajas, Blanca Jiménez Cisneros, Karina Kloster, Polioptro Martínez, Jacinta Palerm, Amalia Salgado, Ricardo Sandoval, María Luisa Torregrosa y Jordi Vera	<b>69</b>
	<b>Aguas urbanas en <a href="#">Nicaragua</a></b> Katherine Vammen, Selvia Flores, Francisco Picado, Iris Hurtado, Mario Jiménez, Gustavo Sequeira y Yelba Flores	<b>73</b>
	<b>Aguas urbanas en <a href="#">Panamá</a></b> José R. Fábrega D., Miroslava Morán M., Elsa L. Flores H., Icela I. Márquez de Rojas, Argentina Ying, Casilda Saavedra, Berta Olmedo y Pilar López	<b>77</b>
	<b>El agua urbana en el <a href="#">Perú</a></b> Nicole Bernex Weiss, Víctor Carlotto Caillaux, César Cabezas Sánchez, Ruth Shady Solís, Fernando Roca Alcázar, Mathieu Durand, Eduardo Ismodes Cascón y Julio Kuroiwa Zevallos	<b>81</b>
	<b>Aguas urbanas en la <a href="#">República Dominicana</a></b> Eleuterio Martínez y Juan Ramón Valenzuela	<b>85</b>
	<b>Aguas urbanas en <a href="#">Uruguay</a>: avances y desafíos hacia una gestión integrada</b> Adriana Piperno	<b>89</b>
	<b>Aguas urbanas en <a href="#">Venezuela</a></b> Ernesto José González Rivas, María Leny Matos, Eduardo Buroz, José Ochoa-Iturbe, Antonio Machado-Allison, Róger Martínez y Ramón Montero	<b>93</b>



# Resumen ejecutivo

## Introducción

Los países de las Américas tienen las regiones más urbanizadas del mundo (> 80%). La urbanización va de la mano con la intensificación del uso de los recursos hídricos para las necesidades humanas; a su vez, los sistemas hidrológicos juegan un papel en el desarrollo y crecimiento de las ciudades no solo como fuentes de agua potable, sino también para la deposición y tratamientos de los residuos. Es necesario encontrar soluciones para los problemas de gestión del agua en los centros urbanos donde casi siempre se concentran el crecimiento económico y demográfico. Las Academias de Ciencias de veinte países de las Américas han identificado los problemas relacionados con la gestión del agua urbana y las cuestiones normativas que deben analizarse para resolverlos. Las conversaciones que aquí se detallan son un resumen de las presentaciones más pormenorizadas de cada uno de los países que se incluyeron en un libro mucho más extenso titulado *Desafíos del Agua Urbana en las Américas, perspectivas de las Academias de Ciencias*<sup>1</sup> y publicado por la Red Interamericana de Academias de Ciencias (2016). La presente edición se preparó expresamente para los responsables de la toma de decisiones. Es breve y fácil, e identifica las prioridades estratégicas que se requieren para desarrollar e implementar soluciones a los problemas de gestión de agua urbana que afectan a los países de las Américas.

Este singular análisis de los países de las Américas, cada uno con sus diversas particularidades en cuanto a recursos hídricos, diferentes niveles de desarrollo económico y social, variados problemas relacionados con la calidad y cantidad del agua, así como sus muy diversas experiencias con la gestión del agua, revela la existencia de varios temas centrales que se relacionan de forma general, a pesar de la diversidad social, económica, física e hidrológica del hemisferio. Estos temas son básicamente tres:

1. Los datos de prácticamente todos los países demuestran que, si la gestión del agua ha de ser eficaz, debe llevarse a cabo más allá de los límites urbanos e incluir las cuencas que abastecen las zonas urbanas.
2. El agua subterránea es tan importante como el agua superficial y esto significa que la interacción entre ambas fuentes y las conexiones hidrológicas debe atenderse de forma concreta en los planes de gestión del agua. Además, debe entenderse que siempre la solución más económica será evitar la contaminación del agua subterránea, en lugar de tratarla una vez que el problema haya ocurrido.
3. Las zonas urbanas se encuentran especialmente vulnerables a los acontecimientos climáticos extremos. Los proyectos de gestión de agua deben tomar en cuenta los problemas que ocasiona el cambio climático y sus consecuencias, y las intervenciones de respuesta que se han previsto deben ser flexibles y adaptables.

---

1. La publicación completa puede ser consultada en <http://www.ianas.org/index.php/books/ianas-publications>

Adicionalmente, los resúmenes de los capítulos de cada uno de los países que se mencionan a continuación destacan temas comunes como los siguientes:

- Recursos hídricos en áreas urbanas y el impacto de la urbanización sobre estos.
- Suficiencia y accesibilidad de los servicios de suministro de agua en áreas urbanas.
- Eficacia de la gestión de las aguas residuales en áreas urbanas.
- Importancia de contar con servicios adecuados de aguas urbanas para la salud de la comunidad.
- Posibles impactos del cambio climático en los recursos hídricos y su suministro en áreas urbanas.

Los análisis incluidos en este documento ofrecen la oportunidad de aprender de estos ejemplos derivados de las similitudes y diferencias entre los países de las Américas. Además, ponen de manifiesto el hecho de que se requerirá una importante diversidad de modelos de gestión hídrica para la gestión eficaz de este recurso.

## Resultados y conclusiones

### Urbanización y recursos hídricos

La urbanización y su aumento se han observado a nivel mundial, pero son más marcados en las Américas. Los países desarrollados tienden a tener poblaciones urbanas grandes y estables, mientras que los países en desarrollo exhiben patrones de urbanización que van en aumento (ONU, 2009). La urbanización intensifica la competencia por el uso de los recursos hídricos en espacios pequeños. Lo anterior da lugar a una mayor eficacia en el uso del agua, pero también impone exigencias especiales que tienen que ver con el transporte del recurso, el mantenimiento de la calidad del recurso y la gestión del exceso ocasionado por las tormentas, entre otros desafíos. En general, los desarrollos urbanos requieren de más agua por unidad de superficie, ya que generan desechos, incluyendo aguas residuales y desechos sólidos que tienden a degradar la calidad del agua y que deben atenderse y gestionarse. La urbanización también tiende a degradar las cuencas locales y sus alrededores debido a la destrucción de zonas boscosas y el aumento de áreas impermeables. Si hemos de satisfacer las necesidades humanas de gozar de una calidad de vida sana y si el desarrollo económico ha de prospe-

rar, es crucial contar con mejores métodos de gestión de los recursos hídricos urbanos.

### Urbanización y su impacto en los recursos hídricos de las zonas urbanas

En la mayoría de los países, la urbanización se ha llevado a cabo sin la adecuada planificación y métodos de previsión. Los impactos ambientales se prevén sólo en contadas ocasiones, y esta falta de previsión resulta en efectos negativos sobre el medio ambiente, incluidos los recursos hídricos. Ejemplos de lo anterior incluyen lo siguiente: 1) Uso inadecuado del suelo y tala de árboles en las cuencas hidrográficas en zonas próximas a zonas urbanas. Esto ocasiona la erosión que luego genera una pesada sedimentación que fluye hacia las ciudades y contamina las fuentes de agua; 2) Descargas sin control de aguas residuales domésticas e industriales en cuerpos de agua superficiales y áreas costeras; 3) Segmentos de la población con hábitos de higiene inadecuados además de una mala gestión de los desechos sólidos que a menudo se depositan en fuentes naturales de agua o en sistemas de drenaje abiertos; 4) Contaminación de las aguas subterráneas y superficiales de diversas fuentes como la explotación minera, derrames de la industria de hidrocarburos y la contaminación del almacenaje de los depósitos de gasolina en las estaciones de gasolina, así como los escurrimientos de plaguicidas de las actividades agrícolas; 5) Insuficiencia de la recarga a los acuíferos urbanos debido a la reducción de la cubierta verde (bosques, humedales, bosques ribereños) y de la infraestructura impermeable relacionada con la urbanización, entre otros.

### Servicios de suministro de agua y saneamiento

En las últimas décadas ha mejorado el acceso al agua potable, así como el tratamiento de aguas residuales en las ciudades de las Américas. El servicio de los *sistemas de suministro* en la mayoría de las ciudades ha alcanzado niveles que han hecho posible cumplir con los Objetivos de Desarrollo del Milenio de las Naciones Unidas en cuanto a fuentes mejoradas de agua potable, y es importante destacar que América Latina y el Caribe cuentan con la mayor cobertura de agua potable de los países en desarrollo. Sin embargo, como se observa en el análisis de capítulo de cada uno de los países, todavía existen serios problemas en cuanto al campo de aplicación de saneamiento en las ciudades.

La cobertura varía según el país, de 57 a 100%, según el informe de la OMS y la UNICEF sobre Agua Potable y Saneamiento (2014). Chile es un ejemplo en el que ha habido una rápida mejora en los servicios de saneamiento en los últimos diez años, ya que se recolectan y tratan todas las aguas residuales. Una combinación de factores hizo esto posible, entre ellos, la estabilidad económica de Chile, la reestructuración institucional e importantes inversiones en el caso de la privatización de los servicios públicos. A pesar de este éxito, todavía existen desafíos que hay que superar, como lo son, por ejemplo, el acceso a servicios de saneamiento en las comunidades no incorporadas de las zonas periféricas.

Los países en desarrollo de América Latina y el Caribe normalmente cuentan con servicios adecuados de abastecimiento de agua. Los problemas tienen más que ver con la continuidad de los servicios, la necesidad de reparar fugas masivas en los sistemas de distribución existentes, así como con la necesidad de regular y poner en práctica regulaciones para evitar las conexiones ilegales que afectan la eficacia de los servicios de entrega de agua y la capacidad económica de las empresas de abastecimiento para invertir en la mejora de los servicios. Los sistemas de distribución defectuosos también han ocasionado problemas en Canadá y EUA, donde es necesario reemplazar los sistemas obsoletos y poner en marcha nuevos proyectos de innovación y renovación. El estudio de caso de Toronto presenta algunas medidas de gestión que se han venido adoptando para financiar y mejorar los sistemas de distribución.

Queda claro que la falta de un monitoreo adecuado para detectar contaminantes en el agua, aunado a las emergentes fuentes de contaminación, es un problema de importancia en los países desarrollados y en desarrollo. También es importante destacar que en la mayoría de los países no se puede confiar en la seguridad microbiológica del agua, ya que los métodos de detección de patógenos virales y protozoarios no ha sido incluido en los protocolos estándar de monitoreo. Cabe mencionar que algunos sistemas de saneamiento mejorado todavía contaminan las fuentes de agua procedentes de un mismo sistema. Muchos países señalan casos de tanques sépticos en zonas urbanas y en nuevos desarrollos urbanos que contaminan las fuentes de agua subterránea que se utilizan para el suministro de agua potable. Por otro lado, la mayor parte de los países en vías de desarrollo han reportado los graves problemas que han ocasionado las descargas de aguas

residuales no tratadas a los ríos y al mar. También se ha informado que 15% de las aguas residuales no reciben siquiera el tratamiento primario básico. Algunos países de Centroamérica refieren casos en los que el tratamiento es inadecuado y planearon descargas de agua tratada de forma incompleta en fosas sépticas de oxidación. El resultado es la descarga de desechos domésticos en vías fluviales que posteriormente entran a un proceso de eutrofización cultural cada vez más intensa y a la pérdida de la calidad del agua para consumo humano y riego. Las ciudades de América Latina y las islas del Caribe se ven afectadas por el crecimiento informal de las zonas periféricas (normalmente debido a la migración de poblaciones de las zonas rurales o como consecuencia de la crisis por el cambio climático en las zonas rurales) que cuentan con pocos o nulos servicios de agua o saneamiento. Estas zonas tienen una mayor incidencia de enfermedades transmitidas por el agua y un alto porcentaje de contaminación de las fuentes hídricas. Es necesario brindar especial atención a estas zonas periféricas para poder suministrar agua potable y proporcionar servicios adecuados de saneamiento a los residentes locales.

En el caso de EUA y Canadá, los problemas de agua urbana se reducen a la necesidad de mejorar el mantenimiento y la renovación de los sistemas. El deterioro de la calidad en las fuentes hídricas y, por supuesto, la crisis de escasez de agua, requieren modernas “estrategias de gestión de demanda” financieras y tecnológicas dirigidas a reducir la pérdida de este recurso y mantener niveles aceptables de disponibilidad.

### **Agua urbana y salud**

El aumento en la cobertura de agua y saneamiento en zonas urbanas ha hecho posible que se reduzcan los brotes de enfermedades transmitidas por el agua (bacterianas y por vectores) en los países en desarrollo de las Américas. Las mejoras adicionales en la continuidad de los servicios, así como la renovación y mejores labores de mantenimiento de los sistemas de distribución, son factores que contribuyen a reducir aún más las probabilidades de contraer enfermedades transmitidas por el agua. En lugares en los que el suministro de agua y saneamiento llega solo a una parte de la población o es inexistente, el medio ambiente propicia el desarrollo y la propagación de enfermedades transmitidas por el agua. Los asentamientos periurbanos y precarios corren el mayor riesgo.

### **Cambio climático y su impacto en los recursos hídricos de las ciudades**

Las ciudades se encuentran más expuestas a los fenómenos climáticos extremos, sobre todo por las fallas en la planificación de estrategias de crecimiento y modernización de los sistemas de distribución de agua. Del mismo modo, los inadecuados sistemas de drenaje se saturan durante episodios de precipitaciones intensas. Todos los países han referido cambios en los patrones de precipitación acompañados por cambios en el uso del suelo en cuencas urbanas aledañas, así como cambios de uso de suelo debido a la deforestación, que ocasionan un aumento en la erosión y arrastran cargas de sedimentos pesados a las ciudades. Las características geográficas de Centroamérica la hacen especialmente vulnerable al cambio climático y se ha observado un incremento de las tasas de evapotranspiración debido al aumento gradual de las temperaturas. Muchos países de América del Norte, Central y del Sur han referido sequías que han ocasionado graves crisis en el suministro de agua potable y que han obligado a las autoridades a restringir las actividades de riego para dar prioridad al consumo humano. Se hace referencia a casos especiales de gestión de sequías y a organizaciones encargadas del abastecimiento de agua en EUA para California y el noreste de Brasil. Otro dato importante es que la mayoría de los países ha documentado casos extremos de lluvias intensas que ocasionaron inundaciones en zonas urbanas debido a los inadecuados sistemas de drenaje. Se presentan ejemplos de una mejor planificación para reorganizar los sistemas de drenaje urbano en diversos capítulos de los diferentes países, y Toronto, Canadá, presentó ejemplos concretos de gestión derivados de un estudio de caso realizado en ese país.

### **Reutilización del agua**

El cambio climático y algunos episodios particulares de sequías han puesto de manifiesto que la reutilización de aguas residuales es una prioridad. También se detallan las nuevas tecnologías utilizadas para preparar aguas residuales para su reutilización y estas mismas tecnologías también pueden usarse para contribuir a la reducción de sedimentos en aguas residuales sin tratar en cuerpos receptores de agua en las ciudades. El uso de aguas residuales domésticas, residuos líquidos procedentes de efluentes industriales, escurrimientos agrícolas y aguas salobres podría llegar a ser una fuente

alternativa viable de agua para determinados usos. Algunos países han puesto en práctica el almacenamiento y reutilización de agua de lluvia. Se destacó la importancia de llevar a cabo un buen monitoreo de la calidad del agua que será reutilizada con objeto de garantizar una adecuada calidad.

### **Eficacia de las instituciones encargadas del agua y aspectos legales**

El progreso en la mayoría de los países ha tenido lugar debido al establecimiento de órganos rectores responsables de la gestión de los recursos hídricos. Estas instituciones generalmente cuentan con la autorización de la legislación pertinente. La eficacia de estas instituciones no es todavía adecuada en algunos países. A menudo, la corrupción es el problema. El desarrollo y funcionamiento eficaz de las instituciones rectoras, así como las leyes y regulaciones apropiados, son un requisito previo esencial para la gestión eficaz de los recursos hídricos, al igual que la aplicación equitativa de las regulaciones, si estas últimas han de ser eficaces.

### **Recomendaciones para mejorar la gestión del agua y planeación y supervisión institucionales**

La mayoría de los países están conscientes de que la gestión del agua en las ciudades ha sido fragmentaria y no ha tomado en cuenta la infraestructura para gestión del agua urbana de una manera integral. Una de las propuestas supondría la incorporación de todos los elementos de gestión de agua urbana en un solo organismo: suministro de agua potable, recolección y tratamiento de aguas residuales, drenaje pluvial y control de inundaciones urbanas. También es necesario elaborar una estrategia de planificación de las cuencas para mitigar los impactos en la calidad del agua, así como en la cantidad de los flujos de clima húmedo, incluida la contaminación del agua, las inundaciones y la erosión de las corrientes. Este sistema también contribuiría a un mejor crecimiento urbano alejado de las zonas de alto riesgo como zonas inundables y presas. El estudio de caso de Toronto muestra la integración de la gestión del agua urbana en una sola institución a raíz de la fusión de una serie de gobiernos municipales. Todos los países estuvieron de acuerdo en que una gestión eficaz del agua urbana debe incluir la gestión de las cuencas que se localizan en las zonas urbanas y sus alrededores.

### **Recomendaciones específicas a considerar para la formulación de políticas**

- Promover el desarrollo de una base de datos y llevar a cabo acciones que den lugar al desarrollo de programas de inversión para instalaciones de agua, saneamiento y drenaje. La base de datos debe mantenerse actualizada con objeto de poder determinar la eficacia de estas instalaciones a medida que pasa el tiempo.
- Reforzar la regulación y el control de los servicios hídricos de las ciudades.
- Optimizar la capacidad de planeamiento, diseño e instalación de los servicios hídricos en las ciudades. Es de suma importancia modernizar la infraestructura para que pueda hacer frente a los efectos del cambio climático, como sequías e inundaciones intensas. La nueva infraestructura debe ser flexible y adaptable.
- Fortalecer y ampliar el monitoreo de la calidad del agua. Esto incluye nuevos contaminantes.
- Brindar más capacitación, educación y conocimientos técnicos al equipo de encargados de las plantas de tratamiento y purificación de agua, así como a los encargados del suministro y cuencas.
- El Gobierno nacional debe autorizar y financiar adecuadamente los programas de evaluación y regulación tanto de los contaminantes actuales como posibles a futuro. La seguridad y la confiabilidad de los abastecimientos de agua urbana a largo plazo se verá gravemente afectada de no llevarse a cabo estas medidas. A pesar de que esta recomendación proviene de EUA, es necesario que se aplique en todos los países de las Américas.
- Elaborar evaluaciones de riesgos y diseñar sistemas de alerta para enfrentar los problemas derivados del cambio climático, como los problemas de la calidad del agua, acceso a esta, saneamiento y supervisión de la salud para disminuir la vulnerabilidad de la población.
- Fortalecer a las instituciones encargadas de la gestión del agua. Otorgar la autoridad necesaria a las autoridades pertinentes para que puedan hacer cumplir las leyes y regulaciones sobre los servicios de agua. Algunos países requerirán de nuevas leyes y de la revisión de las antiguas como parte de un proceso de renovación.
- Desarrollo de programas urbanos especiales para iniciar una gestión integral de las cuencas próximas a las ciudades y dentro de ellas.
- Optimizar los sistemas de saneamiento para garantizar que el agua esté libre de contaminantes.
- Establecer una reutilización de aguas residuales que incluya el monitoreo de la calidad para su uso. Esta medida es especialmente importante porque garantiza la adaptación a los impactos del cambio climático.



Obelisco de Buenos Aires, monumento histórico e ícono de la ciudad, localizado en la Plaza de la República, Buenos Aires, Argentina. Foto: ©iStock.com/dolphinphoto.

# Argentina

## Desafíos planteados por el manejo de aguas en zonas urbanas en Argentina

Raúl Antonio Lopardo,<sup>1</sup> Jorge Daniel Bacchiega<sup>2</sup> y Luis E. Higa<sup>3</sup>

La República Argentina presenta desigual distribución de sus recursos hídricos, con dos tercios de su territorio constituido por regiones áridas y semiáridas y sólo un tercio rico en cuerpos de agua –fundamentalmente superficiales– que representan 84% de las disponibilidades hídricas del país. Argentina dispone de una oferta hídrica media anual superior a los 20.940 m<sup>3</sup> por habitante, muy por encima del umbral de estrés hídrico adoptado por el PNUD. Sin embargo, a pesar de la importante oferta global de agua, se presentan algunos balances negativos entre demandas potenciales y disponibilidad de agua en ciertas regiones del país.

El crecimiento no controlado del consumo industrial y productivo con efluentes volcados sin tratamiento, y un desarrollo desorganizado de importantes asentamientos poblacionales marginales determinaron que, a comienzos de este siglo, se observara un considerable grado de deterioro del recurso hídrico como consecuencia de la inadecuada explotación del mismo y del volcado e infiltración de sustancias contaminantes, lo

que a su vez trajo como consecuencia problemas en el desarrollo de la vida acuática, incremento de enfermedades transmitidas por el agua, desmejoramiento de las condiciones para el desarrollo de distintas actividades recreativas e incremento en los costos de potabilización del agua.

Las regiones húmedas ocupan 24% de la superficie del país, pero concentran el orden de 70% del total de sus habitantes, mientras que las zonas áridas representan 61% del área nacional, aunque sólo tienen al 6% de sus habitantes. Esta característica de coincidencia entre agua y población es exactamente inversa a la de la mayoría de los países de América Latina.

La disponibilidad de aguas subterráneas guarda relación con los aportes del agua de lluvia y ríos de cada región, haciéndose uso de ellas –en la mayoría de los casos– cuando no se dispone de la alternativa del agua superficial. La oferta de agua subterránea está en algunas ocasiones limitada por la baja calidad y potencia de los acuíferos; esta oferta, a su vez, está progresivamente condicionada por la contaminación de ríos, lagos y acuíferos que provocan fuentes difusas y concentradas.

Por otra parte, la población urbana –radicada en centros de más de 2 mil habitantes– es del orden de 90%, con gran parte en zonas periurbanas de los grandes aglomerados, en particular del Gran Buenos Aires. El agua no contabilizada constituye uno de los principales problemas de eficiencia en los servicios de agua potable en las grandes ciudades argentinas. Se calcula que las pérdidas en la red y la subfacturación por conexiones clandestinas y desactualización de los catastros de usuarios representan entre 35 y 45% del agua producida. Este aspecto debe ser tomado en consideración por los tomadores de decisión.

1. Ingeniero y Doctor en Ciencias Físicas; Miembro Titular de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Argentina; Profesor de la Universidad Nacional de La Plata. [rlopardo@ciudad.com.ar](mailto:rlopardo@ciudad.com.ar)
2. Ingeniero Hidráulico y Civil; Jefe de Programa del Instituto Nacional del Agua de Argentina; Profesor de la Universidad Nacional de La Plata. [dbacchiega@gmail.com](mailto:dbacchiega@gmail.com)
3. Ingeniero Químico; Director del Centro de Tecnología de Uso del Agua, INA, Argentina; Profesor de la Universidad de Buenos Aires. [lehiga@ina.gob.ar](mailto:lehiga@ina.gob.ar)

Aunque se observa un alto porcentaje de cobertura de agua potable (más de 90% en las principales ciudades), el nivel de saneamiento es desigual con índices que varían entre 35 y 80%. Las acciones políticas en curso, dentro de este último aspecto, deben ser sostenidas y alentadas. Se destaca que la organización de la prestación del servicio de agua potable, por tratarse de un régimen federal, implica la existencia de normas y reglamentos específicos para cada provincia, lo que hace necesaria la búsqueda de consensos políticos para el desarrollo de programas y proyectos en cuencas compartidas. Es notable la cantidad de diferentes proveedores de agua en el país, que alcanza a 1.830, teniendo en cuenta sociedades anónimas estatales (nacionales y provinciales), sociedades estatales provinciales y municipales, entes centralizados, sociedades anónimas privadas, cooperativas y agrupaciones vecinales.

Si se efectúa un análisis de la situación existente en el conglomerado urbano del Gran Buenos Aires, donde viven más de 12 millones de personas, resulta fundamental llegar a 100% de cobertura de agua potable, pero además concentrar los esfuerzos en el tratamiento y el nivel de reutilización de aguas residuales. Este desafío, que tiene como caso emblemático el del saneamiento de la cuenca Matanza-Riachuelo, debe ser acompañado por las inversiones requeridas y trasladado a otras cuencas similares como la del Río de la Reconquista.

También debe ser motivo de preocupación de las autoridades asegurar una mejor calidad de agua en la costa argentina del Río de la Plata, tomando para ello los resultados de estudios en modelación numérica para diversas obras con relación a los diferentes usos del agua que las autoridades quieran garantizar.

Como se comentó previamente, gran parte de la población urbana en Argentina habita en una zona donde los excesos hídricos resultan muy importantes. En relación con ese tema, se han desarrollado estudios recientes en los que se analizan específicamente dos impactos significativos relacionados con la gestión de los recursos hídricos que merecen ser tenidos en cuenta por los tomadores de decisión ante la selección de proyectos: el aumento descontrolado de algunos niveles freáticos y el impacto del exceso de precipitación en los centros urbanos.

Varias localidades del conurbano bonaerense han sufrido, a principios de este siglo, la elevación progresiva de niveles freáticos, produciendo inundación de

sótanos aun en zonas de terreno elevado, problemas de fundaciones en diverso tipo de estructuras, afloramiento de agua en zonas bajas con terrenos inundados, reventamiento de pozos ciegos, aguas contaminadas en contacto con la población, destrucción de pavimentos y, en definitiva, un severo deterioro de la calidad de vida.

De acuerdo con algunas explicaciones preliminares, el fenómeno podría estar asociado con un incremento de la pluviometría y factores climáticos, pero en mayor dimensión es producto de acciones antrópicas, como la falta de cloacas en las zonas afectadas, la importación de agua a través de cañerías de agua potable que provienen de fuentes exteriores a la cuenca, la fuerte disminución de provisión de agua a través de pozos domiciliarios, la eliminación de provisión de agua industrial mediante pozos locales y la sistemática retracción de la provisión pública de agua potable de origen subterráneo.

Argentina enfrenta un fuerte desafío en el manejo, control y gestión de los excedentes hídricos en los centros urbanos. Se ha demostrado que la existencia de intensas precipitaciones registradas en lugares cercanos y con períodos de ocurrencia menores a veinte años, indica que las grandes inundaciones no son problemas poco frecuentes. Sumado a ello, el creciente progreso urbano hacia los valles de inundación de ríos y arroyos ha provocado un incremento de la vulnerabilidad en la mayoría de las localidades ribereñas.

Se ha observado que las obras de ingeniería, aun con la aplicación de tecnologías avanzadas, no otorgan el resguardo absoluto a todos los procesos de inundación que pueden presentarse en el futuro. Es por ello que el gran desafío en el manejo de excedentes radica en el análisis integral del problema, con un adecuado equilibrio de medidas estructurales y no estructurales. Esto es altamente necesario en el aglomerado de Buenos Aires, donde habita una población superior a los 12 millones de habitantes, que en su mayoría desconocen el riesgo al que están sometidos ante eventuales procesos de inundación. Es por ello que la aludida vulnerabilidad intrínseca de los centros urbanos debe condicionar los esquemas de protección adoptados, el análisis del riesgo y, por ende, las pautas para la toma de decisiones y la definición de esquemas integrales de análisis que contemplen seriamente una adecuada combinación de medidas estructurales y no estructurales. Este aspecto, de difícil concreción en la mayoría de los casos, constituye el principal desafío para alcanzar una adecuada reducción del riesgo ante los excedentes hídricos urbanos.

Frente a este problema planteado, es recomendable dar prioridad a los estudios de acciones estructurales y no estructurales que permitan mitigar los efectos producidos por excesos hídricos en zonas urbanas densamente pobladas, por ascenso de niveles freáticos y, fundamentalmente, por fenómenos de desastres debidos a lluvias extremas.

## Bibliografía básica

AQUASTAT (2000). *Sistema de Información sobre el Uso del Agua en la Agricultura y el Medio Rural de la FAO. Argentina*. Buenos Aires, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Bianchi, H. y Lopardo, R.A. (2003). *Diagnosis and Mitigation of Groundwater Level Rise in a Highly Populated Urban System*, XXX IAHR Congress, Thessaloniki, Grecia. Vol. B, pp. 629-636.

Calcagno A., Mendiburo N. y Gaviño Novillo M. (2000). *Informe sobre la gestión del agua en la República Argentina*. Buenos Aires, CEPAL, Naciones Unidas.

Fasciolo G., Meca M.I., Vélez O. (1998). *Uso de efluentes domésticos para riego en zonas áridas. El Caso Mendoza*. AIDIS.

Jiménez Cisneros, B. y Galizia Tundisi, J. (coordinadores) (2012). *Diagnóstico del agua en las Américas*. México, Red Interamericana de Academias de Ciencias (IANAS), Foro Consultivo Científico y Tecnológico.

Lopardo, R.A. y Lentini, E. (2010). "Supply and sanitation: serving the urban unserved in Latin America, with a special focus on Argentina", VII Biennial Rosenberg International Forum on Water Policy, Chapter 4. Buenos Aires, Argentina.

Pochat, V. (2005). *Entidades de gestión del agua a nivel de cuencas: experiencia de Argentina*. Serie Recursos Naturales e Infraestructura N°96. Santiago de Chile, CEPAL.

Panorámica de La Paz, Bolivia con el Monte Illimani al fondo. Foto: ©iStock.com



# Bolivia

## Calidad del agua en el Área Metropolitana de El Alto y La Paz del Estado Plurinacional de Bolivia

Fernando Urquidi Barrau<sup>1</sup>

En cuanto a recursos hídricos, Bolivia es un país privilegiado porque concentra 27% de la escorrentía de América Latina. Gracias a su precipitación media anual de 1,124 mm genera un aporte de 1,235 km<sup>3</sup> de agua por año, aunque presenta profundas diferencias entre sus cuatro macro cuencas (Urquidi, 2012).

Con base en el Informe Mundial sobre el Agua, publicado en 2003 por la UNESCO, Bolivia es uno de los países con alto contenido de agua, ocupando el 16° lugar, entre 180 países, en la disponibilidad de recursos hídricos. Sin embargo, hay una clara desigualdad en su distribución y accesibilidad, por lo que este recurso es una de las principales causas de conflictos sociales y políticos entre áreas urbanas y periurbanas. En Bolivia, el riego agrícola concentra 85% del agua consumida, seguida del consumo doméstico (10%) y el industrial (5%).

En el sector de agua potable y saneamiento, el área urbana abarca cuatro tipos de ciudades de acuerdo con el tamaño de la población: las metrópolis, las ciudades mayores, las ciudades intermedias y las ciudades menores. La calidad de servicio es baja en la mayoría de los sistemas de agua y saneamiento del país. Según estimaciones de 2010, las tres metrópolis de Bolivia –las ciudades de La Paz/El Alto, Santa Cruz de la Sierra y Cochabamba– concentran 60.2% de la población urbana; las seis ciudades mayores, 12%; las 25 ciudades intermedias, 5%; y, finalmente, las 65 ciudades menores, 3%, estas últimas con una tasa de crecimiento poblacional decre-

ciente (Ministerio de Vivienda y Servicios Básicos, 2010). En contraste, lo rural se define como aquellas localidades con poblaciones de menos de 2,000 habitantes, que para 2010 representan cerca de 20% de la población urbana de Bolivia (Urquidi, 2015). Se han identificado aproximadamente 339 gobiernos municipales y 29,618 comunidades rurales. No hay una definición oficial de lo periurbano, en función del tamaño de la población, solo se asume que son los alrededores de estos cuatro tipos de ciudades.

El mayor consumo de agua potable se registra en la región oriental de Bolivia, con 250 litros por habitante al día, mientras que en el occidente solo se consumen 80 litros por habitante. Las industrias que tienen mayor consumo están en el sector agrario, absorbiendo al mes unos 40 hectómetros cúbicos que representa 94% de las extracciones totales. El restante se distribuye en los otros usos, incluyendo lo consumido en las ciudades que a su vez se divide en 75% de consumo doméstico, 15% de consumo comercial, 3% de consumo industrial y 6% en otros usos. El consumo de agua influye tanto en la salud humana como en las actividades económicas, formando una estrecha relación entre el limitado acceso del agua y las condiciones de pobreza de la población (PNUD, 2003).

En el área rural se observa con frecuencia que el abastecimiento de agua es de fuentes naturales como ríos, lagunas naturales y artificiales, producto de la acumulación de agua superficial o meteórica en reservorios construidos por los mismos pobladores. Asimismo, el abastecimiento de agua se realiza a través de pozos públicos o individuales. Este tipo de abastecimiento

1. Ph.D. Academia Nacional de Ciencias.

[ferurquidi@gmail.com](mailto:ferurquidi@gmail.com)

rural normalmente cubre las necesidades en términos de volumen, pero no en calidad, porque estas aguas pueden ser contaminadas por el ganado y los animales domésticos (PNUD, 2011).

La Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico (AAPS) es el organismo nacional, dependiente del Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA) de Bolivia, que controla la calidad certificando si el agua que se consume directamente del grifo es apta o no para su consumo. Controla esencialmente dos aspectos: la conformidad a parámetros básicos y la cobertura establecida en la regulación.

Según el MMAyA, a través de la AAPS, incentiva el control de calidad en el agua distribuida en las ciudades bolivianas. Para esta labor se han implementado laboratorios que miden los parámetros básicos mínimos de acuerdo con la Norma Boliviana NB 512. Esta Norma establece los parámetros de control de calidad del agua potable agrupados según su factibilidad técnica y económica: Control Mínimo, Control Básico, Control Complementario y Control Especial. Asimismo, se incluye un número mínimo de muestras al mes, número mínimo de puntos de muestreo, su ubicación y las frecuencias del muestreo. El único objetivo de esta Norma es obligar que las Entidades Prestadoras de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario (EPSAS) cumplan con estos parámetros básicos.

### Agua del Área Metropolitana de las ciudades de La Paz / El Alto

Las ciudades de La Paz y El Alto son dos ciudades de gran tamaño en Bolivia. La ciudad de La Paz es sede de gobierno y cuenta con más de 800.000 habitantes, ocupando un territorio de 180 km<sup>2</sup> en un abrupto valle comprendido entre los 2,800 y 3,900 metros sobre el nivel del mar (msnm). El Alto es una ciudad con un crecimiento espectacular desde 1970; está ubicada en la planicie altiplánica a 4,000 msnm y actualmente es la segunda ciudad más grande del país. El Alto, junto con la ciudad de La Paz, forman el área metropolitana más grande del país. El consumo de agua es de aproximadamente 2,200 m<sup>3</sup>/mes en la ciudad de La Paz y 1,800 m<sup>3</sup> en la ciudad de El Alto. En la ciudad de La Paz, 73% del consumo es doméstico, mientras que, en El Alto, representa 92%.

Desde La Paz y El Alto se pueden observar los imponentes nevados de la Cordillera Oriental o Real, cuyos glaciares son una fuente importante de agua al tratarse de una región de alta montaña. En Bolivia, diversos estudios resaltan que los recursos hídricos provenientes de los glaciares se usan principalmente en el abastecimiento de agua potable y en la generación de electricidad. Esto se demuestra en las centrales hidroeléctricas ubicadas en el área de Zongo, dentro del departamento de La Paz, que forman parte del sistema interconectado de electricidad del país.

Las ciudades de El Alto y La Paz se abastecen de agua potable proveniente de tres sistemas principales: a) Tuni-Condoriri (los nevados Tuni y Condoriri), b) Milluni (represa actualmente fuertemente contaminada por actividades mineras) y c) el sistema de 30 pozos de agua subterránea (Tilata-El Alto), dependiente también de la escorrentía de los glaciares.

Dentro de los efectos del cambio climático, se ha constatado el acelerado proceso de derretimiento de los glaciares (la temperatura se ha incrementado en más de 0,34°C en la zona del altiplano). El PNUD (2011) menciona que el retroceso de los glaciares Tuni-Condoriri fue de 48% de su superficie entre 1975 y 2006, con un error de 5%. De seguir este proceso, se considera que estos glaciares se agotarán: el Condoriri en el año 2045 y Tuni en el año 2025. Estas tendencias tendrían consecuencias dramáticas para las ciudades de La Paz y El Alto, cuyo crecimiento es acelerado, especialmente en El Alto (5,1% anual).

La vulnerabilidad de agua en el área metropolitana de La Paz y El Alto es aguda. Además de los efectos del cambio climático en los glaciares, existen problemas de fugas de agua en el sistema de provisión de agua y por conexiones ilegales, con las que se pierde alrededor de 40% del agua disponible.

Ambas ciudades tienen un gran desafío que incluye la gestión de cuencas de forma ambiental y la educación ciudadana para adaptarse a los escenarios futuros. Se deben aplicar medidas para optimizar el uso del agua, la recuperación de aguas contaminadas y la recuperación de aguas de las abundantes lluvias, que por el momento solo inundan los barrios pobres y se escurren en los diferentes ríos para desembocar en la amazonia boliviana.

El agua que ha sido sometida a tratamiento, en las cuatro plantas potabilizadoras de las ciudades de El

Alto y La Paz, debe ser evaluada en su calidad, de manera permanente y sistemática, para el abastecimiento a través de la red con la finalidad de garantizar su calidad sanitaria, tanto al salir de la planta como para prevenir su contaminación durante su recorrido.

Los Laboratorios Centrales de EPSAS son las unidades encargadas del control de calidad de aguas; fundamentalmente realizan el control de calidad de agua potable que proveen las distribuidoras EPSAS. Es política de estos laboratorios brindar servicios de alta confiabilidad en análisis de la calidad del agua, basados en el cumplimiento de la norma NB ISO/IEC 17025:2005 y respaldados con las acreditaciones obtenidas. Los Laboratorios Centrales de las EPSAS se basan en los Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, publicados por APHA, AWWA, WPCF.

## Bibliografía

- Bustamante, R. (2002). *Legislación del Agua en Bolivia*. Centro Agua. UMSS. WP. 83 pp.
- Campero, R. (2008). *Estado de situación sobre la agricultura y ganadería*. ABDES. 71 pp.
- GEO El Alto (2008). *Perspectivas del Medio Ambiente Urbano*. Proyecto GEO Ciudades. PNUMA-Gobierno. El Alto, Bolivia: Municipalidad de El Alto; Asociación Pro-Defensa de la Naturaleza (PRODNA); Liga de Defensa del Medio Ambiente (LIDEMA).
- PNUD (2011). *Tras las huellas del cambio climático en Bolivia: Estado del arte del conocimiento sobre adaptación al cambio climático, agua y seguridad alimentaria*. La Paz, Bolivia. 144 pp.
- Salm, H. (2010). Recursos Hídricos. En: *Estado Ambiental de Bolivia*, pp.171-186. La Paz, LIDEMA. 346 pp.
- Urquidi, F. (2012). Los recursos hídricos en Bolivia. Un punto de vista estratégico sobre la problemática de las aguas fronterizas. En: *Diagnóstico del Agua en las Américas*. México: IANAS–Foro Consultivo Científico Tecnológico, AC. 447 pp.
- Urquidi, F. (2015). *Urban Water—Challenges in the Americas*. México: UNESCO-IANAS- IAP.
- Venegas, P. (2010). Los recursos hídricos y los servicios de agua potable y saneamiento. Aspectos Ambientales. En: *Estado Ambiental de Bolivia*, pp. 187-197. La Paz: LIDEMA. 346 pp.



Vista de San Paulo, Brasil, desde el Parque Ibirapuera. Éste es uno de los parques más grandes de Latinoamérica. Foto: ©iStock.com/alffoto.

# Brasil

## El Agua Urbana en Brasil

José Galizia Tundisi,<sup>1</sup> Carlos Eduardo Morelli Tucci,<sup>2</sup> Fernando Rosado Spilki,<sup>3</sup>  
Ivanildo Hespanhol,<sup>4</sup> José Almir Cirilo,<sup>5</sup> Marcos Cortesão  
Barnsley Scheuenstuhl<sup>6</sup> y Natalia Andricioli Periotto<sup>7</sup>

En Brasil, el rápido proceso de urbanización de las últimas décadas ha dado origen a problemas que los municipios deben resolver, entre ellos, una mayor demanda de agua tanto potable como para otros usos, un mayor volumen de aguas residuales para tratamiento, así como de más desechos sólidos para eliminar, y sistemas de drenaje adecuados con objeto de evitar inundaciones. Todos estos problemas y otros más deben resolverse siempre teniendo en cuenta el bienestar humano y la conservación del medio ambiente.

Para lograr la sostenibilidad hídrica en las ciudades, los Programas Maestros Urbanos deben diseñarse bajo un enfoque de Gestión Integrada del Agua Urbana (IUWM) que considere que el suministro de agua, la eliminación de desechos sólidos, la recolección de aguas residuales y el drenaje deben manejarse mediante la

integración de todos los recursos de los que disponen los municipios, como lo son la legislación, la planificación urbana y la gestión de los recursos naturales. Este enfoque deberá prestar especial atención a las áreas urbanas irregulares e informales llamadas *favelas*, que generalmente carecen de instalaciones de saneamiento. Una de las consecuencias de esta situación es que el agua subterránea se encuentra sobreexplotada con métodos inapropiados, lo que tiene como consecuencia el bombeo de agua subterránea contaminada o salada. Además, el aumento de las superficies impermeables (reducción de la infiltración) y la canalización de los ríos urbanos, han ocasionado frecuentes inundaciones en las ciudades. Los desechos sólidos que no se eliminan de forma adecuada se transportan junto con otros contaminantes a través de las aguas pluviales a los ríos, empeorando así los desbordamientos y contaminando las aguas superficiales.

Se recomiendan los siguientes pasos para lograr una gestión adecuada de las aguas urbanas: **1) evaluación de los problemas de saneamiento urbano**, identificar problemas relacionados con el suministro y la distribución de agua así como con la recolección y tratamiento de aguas residuales y los sistemas de drenaje de aguas pluviales y la eliminación de desechos sólidos; **2) expansión de programas** para la solución de problemas mediante la integración de las diversas instituciones que gestionan los recursos hídricos con el fin de establecer nuevas normas de desarrollo urbano; **3) implementación de planes de acción y estrategias** en tiempo y forma, tomando en consideración los aspectos económicos y financieros.

Garantizar el agua de calidad y en la cantidad que se requiere para usos múltiples es un desafío que debe superarse de forma constante a medida que ocurren

1. Presidente del Instituto Internacional de Ecología (IIEGA); Miembro Titular de la Academia Brasileña de Ciencias. [tundisi@iie.com.br](mailto:tundisi@iie.com.br)
2. Socio Fundador y Director de Rhama Environmental Assessment. [rhamaca@gmail.com](mailto:rhamaca@gmail.com)
3. Catedrático de la Universidad de Feevale. [fernadors@feevale.br](mailto:fernadors@feevale.br)
4. Director del Centro de Referencia Internacional para la Reutilización del Agua (IRCWR), Universidad de São Paulo (USP). [ivanhes@usp.br](mailto:ivanhes@usp.br)
5. Catedrático de la Universidad Federal de Pernambuco (UFPE). [almir.cirilo@gmail.com](mailto:almir.cirilo@gmail.com)
6. Director de programa de la Academia Brasileña de Ciencias. [mcbs@abc.org.br](mailto:mcbs@abc.org.br)
7. Doctora en Ecología y Recursos Naturales, Universidad Federal de São Carlos (Ufscar). [nataliaperiotto@gmail.com](mailto:nataliaperiotto@gmail.com)

los procesos de urbanización. La conservación de los recursos hídricos debe tomar en cuenta 1) la **evaluación** de la calidad de estos recursos; 2) la relación entre la disponibilidad de los recursos y la **demanda**; 3) la **conservación de los recursos** superficiales y subterráneos y el **análisis de las tendencias de urbanización a futuro**; 4) una nueva **legislación** a nivel municipal que impida el uso desmedido de la tierra, así como su ocupación cerca de las fuentes de agua; 5) desarrollo y protección de los **bosques urbanos** y espacios verdes a fin de mantener un equilibrio adecuado entre las áreas urbanas y los espacios naturales; 6) la implementación de **pagos por servicios ambientales** como medida complementaria para la protección de los recursos hídricos; 7) la inclusión en el Programa Maestro de todas las ciudades y poblaciones de **proyectos** encaminados a la protección de los recursos hídricos, el manejo de los sistemas de drenaje urbanos, y la reglamentación sobre el uso de la tierra; 8) movilización de la población, escuelas e iniciativa privada, para promover un **enfoque participativo** orientado a la gestión integrada de las cuencas hídricas; 9) **capacitación** de gerentes, técnicos y otros actores involucrados en la administración del ayuntamiento; la falta de un enfoque sistémico de la administración del municipio y su zona urbana, recursos naturales y zonas de expansión son algunos de los problemas que obstaculizan la gestión eficaz de los servicios de suministro de agua en muchas zonas urbanas de Brasil; 10) los **recursos financieros** que hagan posible una mejor organización institucional en las zonas urbanas de Brasil; 11) la **integración** de diversos **organismos administrativos** como los que se ocupan de la vivienda, el medio ambiente, la ciencia y los servicios relacionados con el agua; 12) el **tratamiento de aguas residuales** utilizando métodos modernos, así como nuevos proyectos, como el uso de humedales, con el fin de optimizar el proceso y reducir los costos del tratamiento de aguas; 13) mejora e incremento de la eficacia y frecuencia de la **vigilancia** en todos los niveles (desde la fuente y hasta el grifo); 14) desarrollo de un **Banco de Estadísticas** sobre la Salud Humana y la Calidad del Suministro de Agua para lograr establecer y consolidar una política integrada para las zonas urbanas; 15) **evaluación de la vulnerabilidad** de las poblaciones urbanas expuestas a escasez y degradación de la calidad del agua, y 16) **implementación y ejecución de ideas, proyectos y programas**; se cuenta con suficientes recursos financieros, planes y proyectos, pero su puesta en práctica fracasa, es demasiado lenta o no es la adecuada.

Otro reto para la gestión de agua en Brasil es su suministro en las regiones áridas. La zona más seca de Brasil, clasificada como semiárida, se extiende a través de ocho estados del noreste (Alagoas, Bahía, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte y Sergipe), además del norte de Minas Gerais, con una extensión territorial total de 980,133.079 km<sup>2</sup>. En estas zonas, la calidad de las aguas superficiales y subterráneas se encuentra comprometida debido a la actividad humana relacionada con la eliminación inadecuada de desechos sólidos, el uso indiscriminado de insumos agrícolas, los sistemas de tratamiento de aguas residuales poco eficientes, o la falta de ellos, el transporte de rellenos inorgánicos de la extracción y procesamiento de minerales y la deforestación, y el manejo inadecuado del suelo. Las proyecciones para el año 2025 indican que, de los 1,256 municipios analizados, 26.8% serán atendidos de forma aceptable por sistemas de suministro, 2.7% se abastecerán de una fuente de agua deficitaria, 52.8% se suministrarán a través de sistemas cruciales de producción de agua y 17.7% a través de sistemas de producción y fuentes de agua clasificadas como críticas. La solución más adecuada para abastecer de agua a las ciudades en zonas secas es la construcción de ductos, desde grandes embalses, pozos, ríos, incluso aquellos ubicados en otras cuencas, creando así las llamadas transposiciones de agua entre cuencas.

La reutilización del agua es una respuesta apremiante que resuelve el problema de la disponibilidad limitada de fuentes de agua y el de contaminación en las Áreas Metropolitanas, lo cual debe incluirse en los planes y estrategias de Gestión Integrada del Agua Urbana. Para mejorar significativamente los sistemas de suministro de agua en las regiones urbanas, es importante dar solución a las demandas y buscar fuentes alternas de suministro, incluidas las aguas residuales domésticas e industriales tratadas, el agua de lluvia cosechada, además de gestionar la recarga de los acuíferos. Los posibles usos de agua reutilizada son, por ejemplo, el agua del riego de parques y jardines; de las reservas en caso de incendios; de los sistemas acuáticos decorativos, como fuentes y pequeños lagos artificiales poco profundos; del lavado de autos; del lavado de pisos, de los garajes y parques; de las descargas de sanitarios; de la limpieza de tuberías de alcantarillado y tuberías de aguas pluviales; de la utilizada para controlar el polvo; y de la industria de la construcción.

Las siguientes recomendaciones son importantes para la implementación de la reutilización del agua: **1)**

**desarrollar un marco legal realista para regular, orientar e impulsar la práctica de la reutilización del agua**, incluyendo normas, estándares de calidad del agua, códigos de prácticas y responsabilidades institucionales para los diferentes medios de reutilización, especialmente para uso urbano y agrícola; **2) fomentar la reutilización del agua** mediante el desarrollo de programas educativos y de sensibilización para promover la aceptación pública, la creación de programas de investigación y desarrollo, la implementación de programas de demostración y proyectos, la introducción de líneas de crédito específicas y el establecimiento de criterios específicos para el financiamiento de los proyectos de reutilización; **3) las empresas de saneamiento** deben llevar a cabo estudios y encuestas con centros de investigación certificados para evaluar, técnica y económicamente, las operaciones y los procesos individuales, así como los sistemas modernos de tratamiento para la reutilización potable directa considerando las condiciones brasileñas; otorgar certificaciones de la calidad del agua reutilizada; superar los procedimientos autoprotectores y rápidos de los organismos reguladores que deben centrarse en el desarrollo de normas, estándares y códigos de prácticas realistas basados en estudios e investigaciones, y no a través de la copia de normas y regulaciones ajenas que no representen nuestros aspectos técnicos, culturales y ambientales, ni las condiciones de salud pública.

Los desafíos relacionados con el suministro de agua, reutilización y gestión del agua, principalmente en las zonas metropolitanas, incluyen los impactos de las enfermedades transmitidas por el agua como resultado de las bajas tasas de tratamiento de las aguas residuales y de una legislación y parámetros de vigilancia de la calidad microbiológica del agua poco satisfactorios. En Brasil, la principal amenaza para la salud humana es la gastroenteritis, que se caracteriza por vómitos y diarrea. Las actuales técnicas utilizadas para medir la seguridad microbiológica del agua en Brasil no incluyen la detección de patógenos virales (o protozoarios). Además, las tecnologías para tratar el agua potable no son eficaces para evitar el riesgo de contaminación viral.

Teniendo en cuenta las altas tasas de detección de estos agentes virales en el agua y el número de casos de diarrea en Brasil, se recomienda: **1) la revisión de los lineamientos brasileños para la calidad del agua potable**, y **2) mejorar los niveles de tratamiento de aguas residuales** en las ciudades brasileñas para reducir la descarga de aguas residuales contaminadas en los

cuerpos de agua que se utilizan para la producción de agua potable.

En resumen, las soluciones para los problemas brasileños relacionados con el agua deben orientarse a integrar las funciones de todas las instituciones que se ocupan de los temas del agua, con un enfoque sistémico de planes y acciones (Gestión Integrada del Agua Urbana) que considere la ubicación, disponibilidad y calidad de los suministros de agua; un sistema de tratamiento adecuado del agua potable; una distribución sin pérdidas ni desperdicio; la disposición adecuada de los desechos sólidos; la adecuada recolección y tratamiento de las aguas residuales domésticas e industriales; la reutilización de aguas residuales tratadas; la reestructuración de los sistemas urbanos de drenaje, y una vigilancia adecuada y constante de la calidad del agua, todo ello adaptado a la realidad brasileña de las enfermedades transmitidas por el agua; y por último, el transporte de agua a las zonas áridas. Es necesario prestar especial atención a las zonas pobres de las ciudades –favelas–, en donde la infraestructura de saneamiento es poca o nula.

## Bibliografía básica

- Bicudo C. E. M.; Tundisi J. G. and Scheuenstul M. C.B. (Orgs.) (2010). *Águas do Brasil. Análises estratégicas*. Academia Brasileira de Ciências, Inst. Botânica. 222 pp.
- Cirilo, J. A.; Cabral, J.; Ferreira, J. P. L.; Oliveira, M.J.P; Leitão, T. E.; Montenegro, S.M.G.L.; Goes, V. C. (Orgs.) (2007). *O Uso Sustentável dos Recursos Hídricos em Regiões Semiáridas*. 1ª. ed. Recife, PE, Editora Universitária. 508 pp.
- Hespanhol, I. (2002). Potencial de Reúso de Água no Brasil: Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aqüíferos, *Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH)*, vol.7, nº 4, dezembro, Edição Comemorativa, pp. 75-97, Porto Alegre, RS.
- Tucci, C. E. M. (2006). Água no meio urbano. In: Rebouças a. Braga B. Tundisi J. G. *Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação*. Escritura Editora. pp. 399-432.
- Tundisi, J. G. and Scheuenstul, M. C. B. (2012). La política hídrica en Brasil. En: Cisneros Jiménez Blanca y Tundisi J. G. *Diagnóstico del agua en las Américas*. México, IANAS/Foro Consultivo Científico y Tecnológico. pp. 97-111.

El Canal Rideau (1832) es Patrimonio de la Humanidad y conecta la ciudad de Ottawa, situada a la orilla sur del Río Ottawa con la ciudad de Kingston en el Lago Ontario. Ottawa, Ontario, Canadá. Foto: ©iStock.com/ Tonlylanioro



# Canadá

## Panorama del abastecimiento, uso y tratamiento del agua en Canadá

Banu Örmeci<sup>1</sup>

### Introducción

Canadá es el segundo país más grande del mundo y abarca una amplia gama de regiones climáticas y paisajes que inciden en la oferta, la demanda, el uso y el tratamiento del agua. Canadá dispone de aproximadamente 20% de las reservas mundiales de agua dulce superficial y, a pesar de que el agua es abundante a escala nacional, el país enfrenta problemas estratégicos y de escasez a nivel regional debido a la desigual distribución de su población y reservas de agua.

### 1. Recursos hídricos y problemas ocasionados por el crecimiento

El suministro de agua enfrenta cada vez mayores problemas debido a la urbanización, el crecimiento económico, industrial y agrícola, así como a los impactos del cambio climático. La eutrofización de los Grandes Lagos, las actividades industriales en el sur de Ontario y Quebec, las operaciones mineras de arenas petrolíferas en Alberta, los desarrollos de energía hidroeléctrica en el norte de Quebec y Labrador, las actividades agrícolas en las praderas, y la sobreexplotación de las aguas subterráneas son sólo algunas de las principales presiones a las que se ven sometidos los recursos hídri-

cos canadienses (Hipel *et al.*, 2013). Se prevé que el rápido crecimiento de las operaciones mineras de arenas petrolíferas y la fractura hidráulica de gas de esquisto aumenten la demanda de este líquido y pongan en peligro las aguas superficiales y subterráneas.

### 2. Uso y abastecimiento de agua

Los canadienses se encuentran entre los principales usuarios de agua per cápita en el mundo. El consumo de agua en los hogares fue de aproximadamente litros al día por persona en 2009. Sin embargo, se ha observado una tendencia decreciente en el uso de agua residencial en los últimos diez años, lo que indica un cambio en el comportamiento del consumidor hacia un enfoque más sostenible en el uso del agua. Además, el aumento de medidores de agua residenciales (72%) y comerciales (87%) en la última década ha contribuido a disminuir el consumo (Environment Canada, 2011).

Según el Informe municipal sobre el uso de agua de 2011 (Environment Canada, 2011), 89% de los canadienses cuenta con un sistema de distribución de agua y 94% recibe agua tratada en sus hogares. Sin embargo, el porcentaje de personas que están conectadas a un sistema de distribución de agua es considerablemente menor en las comunidades más pequeñas.

### 3. Tratamiento de aguas residuales

Más de 150 mil millones de litros de aguas residuales sin tratar o que no han sido tratadas correctamente se

1. Profesora Titular y Cátedra Jarislowsky en Agua y Salud, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad de Carleton, Ottawa ON, Canadá.  
[banu.ormeci@carleton.ca](mailto:banu.ormeci@carleton.ca)

vierten en las vías fluviales cada año en Canadá poniendo en riesgo la calidad de los suministros de agua y, por consiguiente, la salud humana. Hasta hace poco, Canadá no contaba con una política nacional en materia de tratamiento de aguas residuales, lo que dio lugar a grandes desacuerdos entre las provincias y los territorios con respecto al nivel de tratamiento de las aguas residuales y la calidad del efluente. La Ley de Descargas de Sistemas de Aguas Residuales que entró en vigor en 2012 y estableció las normas básicas de tratamiento para las aguas residuales en Canadá, exige el uso de un tratamiento secundario (biológico) o equivalente. El reglamento también establece requisitos adicionales como el seguimiento, la presentación de reportes y pruebas de toxicidad.

Según el Informe municipal sobre el uso de agua de 2011 (Environment Canada, 2011), 87% de la gente estaba conectada al sistema de alcantarillado sanitario, mientras que 12% utilizaba tanques sépticos y 0.5% utilizaba tanques colectores o transportes para aguas residuales. En los grandes municipios con poblaciones de 500 mil personas o más, el 98% contaba con acceso al alcantarillado, pero en los municipios con menos de mil habitantes, únicamente 47% estaba conectado al sistema de drenaje. El nivel de tratamiento de las aguas residuales mostró una variación de ningún tratamiento a tratamiento inicial, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario, dependiendo del tamaño y ubicación de las comunidades. De aproximadamente 24.5 millones de personas conectadas al sistema de alcantarillado, 55% utilizaba agua de tratamientos mecánicos secundarios, 7% de tratamientos secundarios en lagunas de estabilización y 17% de tratamientos terciarios. No obstante, 3% recibe el servicio sin ningún tratamiento o después de únicamente un tratamiento inicial y 18% recibe el servicio después de un tratamiento primario.

#### 4. Comunidades indígenas

El estado de la infraestructura hidráulica y de aguas residuales es de particular interés entre las comunidades indígenas y requiere de una considerable inversión para poder cumplir con las mínimas normas de calidad. Los resultados de la Evaluación Nacional de Sistemas de Agua y Aguas Residuales de las Primeras Naciones

(Neegan Burnside, 2011) revelaron que de los 807 sistemas de agua potable que se inspeccionaron, 39% representa un alto riesgo, 34%, un riesgo moderado y 27% un riesgo muy bajo. De los 532 sistemas de aguas residuales que se evaluaron, se determinó que 14% de ellos era de alto riesgo, 51% de riesgo moderado y 35% representaba un riesgo muy bajo. Se distribuyeron sistemas de agua de riesgos alto, moderado y bajo en todo Canadá y no únicamente en comunidades específicas de las Primeras Naciones. Tal como se había previsto, se identificó que, de ellas, las menos accesibles por su lejanía eran las que contaban con un mayor porcentaje de sistemas de procesamiento de aguas residuales de alto riesgo. Según un informe de salud canadiense (2009), las advertencias para hervir el agua que se difunden entre las comunidades aborígenes y rurales como medidas preventivas cuando existe sospecha de riesgo a la salud pública por agua contaminada, se prolongaron desde un día hasta 13 años entre 1995 y 2007. La duración promedio de estas alertas fue de 343 días y la media de 39 días, y la diferencia fue resultado del promedio sesgado debido a los años de alertas constantes en algunas comunidades.

#### 5. Agua y salud

El sistema de vigilancia integral de la ocurrencia de enfermedades relacionadas con el agua potable en Canadá entre 1993 y 2008 informó sobre 47 brotes de enfermedades transmitidas por agua (ETA) en este período de tiempo (Wilson *et al.*, 2009). En promedio, de 5 a 6 de las enfermedades transmitidas por agua al año tuvieron lugar antes de 2001, y después se redujeron de forma importante a 1 o 2 por año, lo que probablemente se debió a las medidas tomadas después de los brotes de Walkerton (2005) y Battleford del Norte (2001). La frecuencia de los episodios de enfermedades transmitidas por agua fue seis veces superior en las comunidades con menos de mil habitantes en comparación con las comunidades con más de 100 mil residentes. Los principales factores que contribuyen a los brotes de enfermedades transmitidas por agua en Canadá en sistemas menores incluyen la falta de protección del agua de origen; los sistemas de tratamiento de agua inadecuados; y poco personal capacitado (Moffatt y Struck, 2011).

## 6. Resumen

Canadá cuenta con una red bien establecida de sistemas de agua y de aguas residuales y, en general, los canadienses disfrutan de un suministro de agua potable segura y de alta calidad. Son raras las enfermedades que se atribuyen al agua, pero continúan ocurriendo, especialmente en las regiones rurales y las comunidades aborígenes, en donde representa un problema operar y brindar mantenimiento a los sistemas de tratamiento y distribución de agua. La frecuencia de los brotes de enfermedades por agua ha disminuido sustancialmente en la última década debido principalmente a las inversiones destinadas a los programas de infraestructura hídrica y de aguas residuales y el establecimiento de programas de capacitación para operadores de sistemas pequeños. Además, las bajas temperaturas presentan desafíos únicos para el diseño, la instalación y la operación de los sistemas de agua potable y aguas residuales.

### Bibliografía básica

Environment Canada (2011). 2011 Municipal Water Use Report: Municipal water use 2009 statistics. Cat no: En11-262009E-PDF. Disponible en: <http://www.ec.gc.ca/Publications/B77CE4Do-8oD4-4FEB->

[AFFA-0201BE6FB37B%5C2011-Municipal-Water-Use-Report-2009-Stats\\_Eng.pdf](#)

Health Canada (2009). Drinking Water Advisories in First Nation Communities in Canada: A National Overview 1995-2007. ISBN: 978-1-100-12670-8. Disponible en: [http://www.hc-sc.gc.ca/fniah-spnia/alt\\_formats/pdf/pubs/promotion/environ/2009\\_water-qualit-eau-canada/2009\\_water-qualit-eau-canada-eng.pdf](http://www.hc-sc.gc.ca/fniah-spnia/alt_formats/pdf/pubs/promotion/environ/2009_water-qualit-eau-canada/2009_water-qualit-eau-canada-eng.pdf)

Hipel, K., Miall, A. D., and Smith, D. W. (2013). Water Resources in Canada: A Strategic Viewpoint, in *Diagnosis of Water in the Americas*, Ed. Jiménez-Cisneros, B. and Galizia-Tundisi, J. Interamerican Network of Academies of Sciences. ISBN: 987-607-96209-2-9

Neegan Burnside (2011). National Assessment of First Nations Water and Wastewater Systems: National Roll-Up Report Final. Department of Indian Affairs and Northern Development. File No: FGY163080.7. Disponible en: <http://www.aadnc-aandc.gc.ca/eng/1313770257504/1313770328745>

Wilson, J., Aramini, J., Clarke, S., Novotny, M., Quist, M., Keegan, V. (2009). Retrospective Surveillance for Drinking Water-Related Illnesses in Canada, 1993-2008. Final Report, Novometrix Research Inc. Disponible en: [http://www.nceh.ca/sites/default/files/DW\\_Illnesses\\_Surveillance\\_Aug\\_2009.pdf](http://www.nceh.ca/sites/default/files/DW_Illnesses_Surveillance_Aug_2009.pdf)



Panorámica de la ciudad de Toronto, Canadá. Foto: ©iStock.com/espigle

# Toronto

## Gestión integral de las aguas pluviales en la ciudad de Toronto

Michael D'Andrea<sup>1</sup>

### Introducción

La ciudad de Toronto, con una población de 2.8 millones de habitantes, es la ciudad más grande de Canadá, y se encuentra situada al norte del Lago Ontario, uno de los cinco Grandes Lagos de Norteamérica. Se extiende a lo largo de un área de 640 kilómetros cuadrados y a través de seis cuencas hidrográficas, de las cuales todas, con excepción de una, sobrepasan los límites municipales de la ciudad. En promedio, la ciudad recibe aproximadamente 800 milímetros de precipitación al año.

El desarrollo urbano de la ciudad de Toronto y sus alrededores ha impuesto severas demandas en el ecosistema, dando lugar a la alteración del entorno natural y el ciclo hidrológico y afectando, a su vez, los flujos pluviales de forma negativa. En Toronto, lo anterior también ha ocasionado el aumento de escurrimientos de aguas pluviales, contaminando los drenajes pluviales; asimismo, ha causado desbordamientos de los alcantarillados mixtos (OSC) de la red de alcantarillado mixto que abarca alrededor de 25% de la ciudad, y ha dado lugar a la infiltración y afluencia en el sistema de alcantarillado sanitario, lo que ha requerido la instalación de válvulas de desvío en las plantas de tratamiento de aguas residuales y que, a su vez, ha dado lugar al deterioro de la calidad del agua en los cauces de la zona y la costa del Lago Ontario, en donde se localizan once playas designadas como aptas para nadar. Los impactos de estos flujos pluviales han dado lugar a que la Comisión Conjunta Internacional considere a Toronto una zona de preocupación en la cuenca de los Grandes Lagos.

Los recientes aumentos de frecuencia de lluvias intensas que exceden la capacidad del sistema de alcantarillado de la ciudad (por lo general, durante los meses de verano que se caracterizan por tormentas intensas pero de poca duración) han dado origen a una sobrecarga en los sistemas de drenaje, resultando en desbordamientos en la red de alcantarillado e inundación de sótanos (la mayoría de las viviendas en Toronto cuentan con sóta-

nos que se utilizan como espacios habitables adicionales y generalmente cuentan con drenajes conectados a la red de alcantarillado).

Las iniciativas anteriores que se llevaron a cabo para abordar los impactos derivados de los flujos pluviales se planearon a partir de la necesidad de solucionar los problemas de desbordamientos particulares locales y el consecuente impacto en la calidad del agua de las playas. Si bien se realizaron mejoras locales, se identificó la necesidad de un plan de acción con un enfoque integral que tomara en cuenta las cuencas hidrográficas y se pusiera en práctica en toda la ciudad para poder llevar a cabo mejoras más significativas. Esto dio lugar al desarrollo del Plan Maestro para el Flujo del Clima Húmedo de mejora continua de la Ciudad de Toronto que fue aprobado por el Ayuntamiento de Toronto en 2003. El objetivo del Plan era lograr objetivos específicos de mejora en la calidad del agua y llevar a cabo una amplia consulta pública en puntos que son clave para la toma de decisiones. Los detalles del desarrollo del Plan, incluyendo la integración de la red de alcantarillado, la circulación de flujos de cuencas y lagos en modelos de simulación computarizados dirigidos a evaluar la eficacia de las diversas opciones para la consecución de los objetivos de calidad del agua se resumen en D'Andrea *et. al.* (2004a y 2004b).

A partir de la ruta de las aguas pluviales de los terrenos de propiedad individual a las aguas receptoras, se incorporó un enfoque jerárquico al Plan que contempló la incorporación de acciones y controles en las fuentes (a nivel de lote), seguidos de controles del sistema de transporte (en los derechos de paso municipales) y, por último, en la fase final (previo a la descarga en aguas receptoras). Con objeto de sustentar el Plan, se formuló el Reglamento para Gestión de Flujos de Clima Húmedo para regular los niveles establecidos de cantidad y control de calidad para nuevos desarrollos (Toronto, 2006a).

### Programa de Protección contra Inundaciones en Sótanos

En agosto de 2005, una fuerte precipitación que generó más de 150 mm de lluvia en un período de tres horas

1. Jefe de Ingeniería y Director Ejecutivo de Servicios de Ingeniería y Construcción. Ciudad de Toronto, Canadá.  
[Michael.DAndrea@toronto.ca](mailto:Michael.DAndrea@toronto.ca)

ocasionó que se recibieran más de 4,000 quejas por inundaciones de sótanos en las zonas más nuevas de la ciudad (estas zonas cuentan con sistema de aguas pluviales y red de alcantarillado separado) y causó daños importantes a la infraestructura de la ciudad. Estos impactos pusieron de manifiesto la necesidad de desarrollar un plan para hacer frente a los impactos del cambio climático de forma eficaz. Los impactos de esta tormenta y el plan de trabajo derivado de este episodio se detallan en Toronto (2006b y 2008b).

Históricamente, se han suscitado varios casos en los que lluvias intensas han provocado inundaciones de sótanos en muchas partes. En su mayor parte, las mejoras realizadas en la infraestructura de alcantarillado sanitario y mixto local han eliminado en gran medida este problema. Por desgracia, estas mejoras en capacidad no fueron suficientes para hacer frente a las torrenciales lluvias de 2005.

Por tanto, se llevó a cabo un estudio detallado de ingeniería para identificar los problemas que ocasionaron esta inundación, así como para determinar las mejoras necesarias a realizarse para reducir el riesgo de futuras inundaciones por tormentas extremas (Toronto, 2006b). El estudio determinó que los sistemas de alcantarillado existentes se encontraban en buenas condiciones estructurales en general y su desempeño era el esperado de acuerdo con su diseño; es decir, interceptar el drenaje pluvial de las carreteras, de lluvias con una frecuencia de retorno anual de uno en dos, a uno en cinco años. El periodo de retorno de la tormenta de agosto de 2005 fue superior a uno en 100 años, por lo que saturó completamente el alcantarillado pluvial y sobrepasó el nivel de infiltración y afluencia de las alcantarillas sanitarias previsto en el diseño.

Como se señaló anteriormente, las acciones realizadas con anterioridad para solucionar el problema de las inundaciones en sótanos se centraron en los sistemas de alcantarillado sanitario y mixto. Rara vez se estudiaron los sistemas de drenaje pluviales, secundarios (alcantarillas) o principales (flujos superficiales). La mayor parte de la ciudad de Toronto no cuenta con un sistema de drenaje principal adecuado, de tal manera que cuando los flujos pluviales exceden la capacidad del sistema de alcantarillado, las aguas pluviales se estancan en la superficie y fluyen hacia las áreas bajas donde, en el mejor de los casos, continúan su recorrido a través de una ruta de escurrimiento a la corriente de agua más cercana. Sin embargo, muchas zonas de la ciudad son muy planas o tienen puntos bajos sin desagües y, por lo tanto, en precipitaciones extremas se producen enchar-

camientos importantes en las calles, a menudo con desbordamientos que fluyen hacia propiedades privadas. Para complicar aún más el problema, en muchas zonas, las propiedades están mal niveladas (en muchos casos con inclinaciones hacia las viviendas) y, en otros casos, la inclinación de los accesos a la propiedad está orientada hacia la casa, ocasionando que las aguas pluviales escurran directamente hacia esta. Lo anterior propicia el ingreso de las aguas pluviales al sistema de alcantarillado sanitario.

De acuerdo con el Plan Maestro para el Flujo del Clima Húmedo, se utilizó un enfoque integral para desarrollar el Programa de Protección contra Inundaciones en Sótanos de la ciudad, con objeto de hacer frente a los efectos negativos de las tormentas extremas, lo que a su vez dio origen a la Estrategia de Adaptación al Cambio Climático, que se ocupa de las inundaciones urbanas. Los elementos clave del Programa son:

- a. Medidas de control de las fuentes: promover la instalación de válvulas de retorno en el servicio sanitario lateral y desconectar los drenajes de cimientos de la red de alcantarillado para conectarlos a la bomba de sumidero, todo lo cual se realizaría con subsidios proporcionados por la ciudad para llevar a cabo el cambio; formular una ley que exija la desconexión de los tubos de bajada; promover una nivelación adecuada de los terrenos, reparar grietas y filtraciones en paredes de cimentaciones, ventanas y puertas; y promover el diseño de jardines con superficies blandas que contribuyan a reducir los escurrimientos de aguas pluviales.
- b. Mejoras en el sistema de alcantarillado sanitario: aumentar el estándar de servicio para el alcantarillado sanitario para permitir un mayor nivel de infiltración/flujos entrantes que el que ofrece el diseño tradicional de alcantarillado sanitario en zonas propensas a inundaciones en sótanos.
- c. Mejoras en los sistemas de drenaje pluvial: aumentar los estándares de servicio de los sistemas de drenaje de aguas pluviales a un periodo de retorno de uno en 100 años, de ser posible, en lugares que carecen de un sistema de drenaje (escurrimientos) adecuado. Esto implica generalmente la construcción de sumideros adicionales en zonas bajas con estanques secos de aguas pluviales en espacios abiertos disponibles; y/o depósitos de almacenamiento subterráneos o tubos de gran tamaño.

El programa se está implementando en 67 zonas de estudio específicas en toda la ciudad, y se están realizando estudios específicos de ingeniería con el fin de

identificar soluciones concretas para los diferentes vecindarios, con la participación de la población a través de una amplia consulta pública.

## Lecciones aprendidas

Con base en el Plan Maestro para el Flujo del Clima Húmedo y el Programa de Protección contra Inundaciones en Sótanos de la ciudad de Toronto, se ofrecen las siguientes recomendaciones:

1. Utilizar un enfoque de cuenca para gestionar la calidad del agua y solventar los impactos de la escorrentía urbana.
2. Se recomienda un planteamiento jerárquico para la gestión de las aguas pluviales, que inicia con el control de los escurrimientos en sitios específicos (propiedades) en la medida de lo posible, seguido por regulaciones relativas al derecho de paso municipal (carreteras); y luego, en última instancia, sistemas de final de tubo como estanques de control de cantidad y calidad de aguas pluviales o sistemas de almacenamiento subterráneos.
3. Cuando los escurrimientos urbanos contribuyen a condiciones ambientales degradadas de las aguas superficiales, es necesario establecer objetivos/metas de mejora ambiental y los modelos de simulación computarizada (sistema de alcantarillado y aguas receptoras) son herramientas de gestión rentables para evaluar la efectividad de las diferentes opciones para la consecución de estos objetivos. El establecimiento de los objetivos y la selección de las mejores opciones deben tomar en cuenta las opiniones recabadas a través de una consulta pública que haya incluido a todas las partes interesadas afectadas.
4. Se debe establecer un plan de implementación por fases en función de un financiamiento específico/previsto, y debe incluirse un programa de monitoreo para verificar que se estén logrando los objetivos planteados.
5. Cualquier nuevo desarrollo y/o reurbanización brinda la oportunidad de integrar controles de gestión de aguas pluviales, así que cada nuevo desarrollo ofrece la oportunidad de mejorar las condiciones existentes.
6. Es necesario revisar las prácticas estándar de diseño de ingeniería para controlar los escurrimientos urbanos que se diseñaron a partir de registros climáticos históricos con el fin de actualizarlas de acuerdo con las nuevas “normas” proyectadas.
7. En zonas urbanas con inundaciones y/o desbordamientos de alcantarillas ocasionados por lluvias

extremas frecuentes, deben utilizarse los modelos hidrológicos/hidráulicos de flujos superficiales y alcantarillado para identificar cuáles son realmente las limitaciones hidráulicas de la red de alcantarillado existente y determinar, con la ayuda de la propia gente, qué mejoras han de realizarse para lograr un mayor control del drenaje pluvial (escurrimientos) que mitigue las afectaciones causadas por las inundaciones.

8. La educación pública, sobre todo las acciones que pueden ponerse en práctica con respecto al sitio (propiedad) para contribuir a reducir los impactos en la calidad y cantidad del agua, son parte fundamental de cualquier proyecto integral de gestión de aguas pluviales.
9. Aprovechar la oportunidad de integrar la adaptación, sobre todo en lo referente a renovar infraestructura anticuada y obsoleta.
10. Las nuevas áreas de desarrollo ofrecen una oportunidad para atender los impactos de los escurrimientos urbanos de forma adecuada, tanto en términos de cantidad como de control de calidad. Es necesario emplear un enfoque jerárquico para desarrollar un plan de gestión integral de aguas pluviales de toda el área en desarrollo. El Manual de Planificación y Diseño de Gestión de Aguas Pluviales de la provincia de Ontario (2003) ofrece los fundamentos para el desarrollo del Plan.

## Bibliografía

- D'Andrea, M., Snodgrass W.J., Chessie, P.D. (2004a). Development of a Wet Weather Flow Management Master Plan for the City of Toronto. *Water Quality Research Journal Canada*. Volume 39, No. 4, 417-431.
- D'Andrea, M., Snodgrass, W., Chessie, P.D. (2004b). City of Toronto Wet Weather Flow Management Master Plan. *Enhancing Urban Environment by Environmental Upgrading and Restoration*, pp. 57-78. J. Marsalek et al. (eds.), Kluwer Academic Publishers.
- Ontario (2003). Stormwater Management Planning and Design Manual, Ontario Ministry of the Environment. <https://goo.gl/T3HHzh>
- Toronto (2006a). Wet Weather Flow Management Guidelines. <https://goo.gl/hmQSn3>
- Toronto (2006b). Work Plan for the Engineering Review Addressing Basement Flooding (City-wide). <https://goo.gl/4SppsP>
- Toronto (2008). Update on the Engineering Review Addressing Basement Flooding. <https://goo.gl/sCAot4>



Santiago, capital de Chile. Al fondo, la Gran Torre Santiago, con más de 300 metros de altura, es el edificio más alto de Latinoamérica y el Río Mapocho que divide la ciudad en dos. Foto: ©iStock.com/Phototreat.

# Chile

## Seguridad hídrica en ciudades de Chile: Avances y desafíos pendientes

James McPhee,<sup>1</sup> Jorge Gironás,<sup>2</sup> Bonifacio Fernández,<sup>3</sup> Pablo Pastén,<sup>4</sup>  
José Vargas,<sup>5</sup> Alejandra Vega<sup>6</sup> y Sebastián Vicuña<sup>7</sup>

En las últimas cuatro décadas, el sector hídrico urbano de Chile ha mostrado grandes avances en cuanto a cobertura y calidad de aguas, así como en el nivel de tratamiento de las aguas residuales en los últimos 15 años. Este avance ha sido impulsado por la estabilidad económica del país y por políticas públicas que han privilegiado la gestión descentralizada de los servicios sanitarios. No obstante que se han verificado mejoras

en la eficiencia de gestión de las empresas sanitarias, las teóricas reducciones en tarifas que esto debería acarrear no se han verificado. La población de menores recursos económicos es sujeto de subsidios cruzados que ayudan a paliar la situación y que han dado viabilidad a las políticas privatizadoras implementadas en los últimos años. Asimismo, la robustez del sistema de suministro de muchas ciudades se ha visto favorecida por la posibilidad que tienen las empresas sanitarias de adquirir derechos de aprovechamiento de agua a otros usuarios, lo que en la práctica ha significado transferencias desde el sector agrícola al sector urbano. Algunas características del sistema chileno que vale la pena destacar son la regulación de las empresas para evitar concentración, las atribuciones de la Superintendencia de Servicios Sanitarios y el procedimiento de fijación de tarifas. Todos estos elementos han permitido el funcionamiento satisfactorio del sector sanitario, la sustentabilidad de las empresas y los altos niveles de cobertura y calidad de servicio alcanzados en el sector urbano.

A pesar de los avances antes descritos, subsisten importantes desafíos que es necesario abordar. En algunas regiones, la irrupción del sector industrial y minero ha significado una amenaza por la transferencia de aguas hacia esta actividad, aunque en el caso de las grandes ciudades del norte de Chile existen acuerdos institucionales que han permitido asegurar el sumi-

1. Departamento de Ingeniería Civil; Advanced Mining Technology Center, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. [jmcphee@ing.uchile.cl](mailto:jmcphee@ing.uchile.cl)
2. Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental (DIHA), Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile; Centro de Desarrollo Urbano Sustentable (CEDEUS).
3. DIHA, Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile.
4. DIHA, Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile; CEDEUS.
5. Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Concepción.
6. CEDEUS, Pontificia Universidad Católica de Chile
7. Centro Interdisciplinario de Cambio Global UC, Pontificia Universidad Católica de Chile.

nistro doméstico. En la zona central, empresas como Aguas Andinas y ESVAL han logrado una alta cobertura y confiabilidad, e incluso en situaciones de sequía como la vivida por Chile desde el año 2011, no se han producido problemas de suministro para la gran mayoría de la población. Una situación que preocupa es la de pequeñas localidades periurbanas, que muchas veces cuentan con sistemas locales de suministro no adscritos a las grandes empresas regionales y que muestran mucha más vulnerabilidad a sequías y otras disrupciones de suministro. En algunos casos estas localidades han debido ser auxiliadas mediante camiones aljibe, con deterioros muy importantes en la calidad de vida de la población. Estos casos extremos se explican más por deficiencias específicas en cuanto a la seguridad de algunas fuentes y a la capacidad de inversión de estos sistemas periurbanos, y no por problemas estructurales en cuanto a la institucionalidad vigente. Respecto de la calidad de aguas urbanas, actualmente existe preocupación por los microcontaminantes presentes en fuentes de agua potable que son receptoras de descargas de aguas servidas tratadas. Tradicionalmente la preocupación se ha enfocado en la presencia de compuestos organoclorados, pero recientemente también ha ganado interés la presencia de compuestos farmacéuticos y productos de cuidado personal. La literatura de corriente principal no arroja mediciones sistemáticas de este tipo de compuestos en aguas potables en Chile, probablemente debido a que los métodos analíticos para su cuantificación no están suficientemente disponibles.

La gestión de aguas lluvias en Chile sigue teniendo como eje fundamental la construcción de grandes obras de infraestructura para la evacuación de las

aguas, mientras que la inversión en obras de detención e infiltración ha sido menor. Asimismo, medidas no estructurales como mejor planificación territorial están subrepresentadas, en parte por conflictos y vacíos en la definición de competencias de varios entes gubernamentales, tales como los Ministerios de Vivienda y Obras Públicas, así como Intendencias y Municipalidades. Idealmente, se debe avanzar hacia una concepción integral de la hidrología urbana que procure la sustentabilidad de la infraestructura y servicios ambientales. Un sistema integral de drenaje considera en lo posible: (1) control local domiciliario, (2) retención local en suelo público, (3) transporte superficial lento, (4) almacenamiento a mayor escala en suelo público, y (5) conducción controlada a través de elementos de transporte y su posterior descarga a cursos y cuerpos receptores. La planificación, diseño y gestión de sistemas de aguas lluvias son actividades integrales para realizarse a nivel de cuenca, trascendiendo divisiones administrativas y abordando el proceso desde aguas abajo. Así se evita transferir los problemas hacia aguas abajo y se favorece la sostenibilidad de las soluciones a largo plazo.

Finalmente, las perspectivas de cambio climático que se vislumbran para una parte importante del territorio de Chile sugieren que se debe avanzar decididamente en una agenda de adaptación a nivel nacional, que procure preservar los niveles de suministro promedio actuales y que propenda a mejorar la robustez de los sistemas en períodos de sequía. Esta agenda de adaptación por cierto debe contemplar las realidades locales, pero debe estar guiada por principios comunes de confiabilidad y preservación de servicios ecosistémicos bajo el concepto de aumentar la seguridad hídrica global.

## Bibliografía básica

- ANDESS (2013). Informe de gestión de la sequía 2014 industria sanitaria en Chile. Disponible: [http://www.armweb.cl/test/2015/andess/pdf/documentos/informe\\_gremial\\_sequia-andess-enero-2014.pdf](http://www.armweb.cl/test/2015/andess/pdf/documentos/informe_gremial_sequia-andess-enero-2014.pdf)
- Bonelli, S., Vicuña, S., Meza, F. J., Gironás, J., & Barton, J. (2014). Incorporating climate change adaptation strategies in urban water supply planning: the case of central Chile. *Journal of Water and Climate Change*, 5(3), 357-376.
- Edwards, G., O. Cristi y C. Díaz (2012). "The Effect of Regulation Uncertainty on Water-Right Prices: The Case of the Loa Basin in the Antofagasta Region of Chile." Documento de Trabajo N°421, Instituto de Economía, Pontificia Universidad Católica de Chile. Disponible en: <http://economia.uc.cl/publicacion/the-effect-of-regulation-uncertainty-on-water-right-prices-the-case-of-the-loa-basin-in-the-antofagasta-region-of-chile/>
- Ferreccio, C., Sancha, A.M. (2006). Arsenic exposure and its impact on health in Chile. *Journal of Health Population and Nutrition* 24, 164-175.
- McPhee, James, Gonzalo Cortés, Maisa Rojas, Lilian García, Aniella Descalzi, and Luis Vargas (2014). "Downscaling Climate Changes for Santiago: What Effects can be Expected?" In *Climate Adaptation Santiago*, pp. 19-41. Springer Berlin Heidelberg.
- Meza, F. J., S. Vicuña, M. Jelinek, E. Bustos and S. Bonelli. Assessing water demands and coverage sensitivity to climate change in the urban and rural sectors in central Chile. *Jour. Water and Climate Change*. 05.2 (2014). doi: 10.2166/wcc.2014.019
- Valenzuela, S. y A. Jouravlev (2007). *Servicios urbanos de agua potable y alcantarillado en Chile: factores determinantes del desempeño*. CEPAL, Serie Recursos Naturales e Infraestructura. ISBN: 978-92-1-323062-6.
- Vicuña, S. y F. Meza (2012). *Los nuevos desafíos para los recursos hídricos en Chile en el marco del cambio global*. Centro de Políticas Públicas UC. Temas de la Agenda Pública. Año 7 N° 55. Santiago, Chile. 14 p. Disponible en: [http://politicaspublicas.uc.cl/publicaciones/ver\\_publicacion/112](http://politicaspublicas.uc.cl/publicaciones/ver_publicacion/112)



Vista de Bogotá capital de Colombia. Al fondo el volcán Nevado del Tolima. Foto: ©iStock.com/DmitryLityagin.

# Colombia

## El Agua Urbana en Colombia

**Claudia P. Campuzano Ochoa,<sup>1</sup> Gabriel Roldán,<sup>2</sup> Andrés E. Torres Abello,<sup>3</sup>  
Jaime A. Lara-Borrero,<sup>4</sup> Sandra Lorena Galarza-Molina,<sup>5</sup>  
Juan Diego Giraldo Osorio,<sup>6</sup> Milton Duarte,<sup>7</sup> Sandra Méndez Fajardo,<sup>8</sup>  
Luis Javier Montoya Jaramillo<sup>9</sup> y Carlos Daniel Ruiz<sup>10</sup>**

De acuerdo con el informe “Agua para Todos, Agua para la Vida” de la ONU, Colombia ocupa el puesto 24 entre 203 países. Este lugar aún hace figurar a Colombia como potencia hídrica mundial; sin embargo, los estudios del IDEAM permiten confirmar que, pese a la situación relativamente favorable de oferta y disponibilidad

hídrica del país, Colombia se caracteriza por una alta variabilidad espaciotemporal en la distribución de su recurso hídrico. Adicionalmente, las condiciones de cobertura vegetal, suelos, usos del suelo y características geológicas e hidrológicas de las cuencas colombianas son muy variadas y, por ello, el país cuenta con cuencas hidrográficas de diferente capacidad de regulación. Es así como en las regiones donde se encuentra la mayor oferta hídrica se tienen los menores porcentajes de cabeceras municipales del país, mientras que donde no hay mucha agua, se encuentra asentado el mayor porcentaje de la población (aproximadamente 70%).

Esta variabilidad en la oferta de agua hace que se presenten señales de preocupación, e incluso de alarma, en algunos municipios y áreas urbanas. Los aprovechamientos del recurso para los acueductos urbanos, que se abastecen en general (más de 80%) de ríos pequeños, quebradas y arroyos, no cuentan –en su mayoría– con programas de protección de cuencas, sistemas de regulación y almacenamiento, transporte y tratamiento.

La conformación del sistema urbano colombiano se ha dado con una escasa planificación ambiental o de consideraciones ambientales, lo que ha derivado en innegables costos en ese rubro, tanto por los desordenados procesos de ocupación, como por las fuertes demandas de recursos que conllevan (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), 2008).

1. I.C., MSc., Corporación Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia. [ccampuzano@cta.org.co](mailto:ccampuzano@cta.org.co)
2. Biól, MSc., Universidad Católica de Oriente. [grolدان@uco.edu.co](mailto:grolدان@uco.edu.co)
3. I.C., MSc., Pontificia Universidad Javeriana. [andres.torres@javeriana.edu.co](mailto:andres.torres@javeriana.edu.co)
4. I.C., MSc., Pontificia Universidad Javeriana. [laraj@javeriana.edu.co](mailto:laraj@javeriana.edu.co)
5. I.C., MSc., Pontificia Universidad Javeriana. [sgalarza@javeriana.edu.co](mailto:sgalarza@javeriana.edu.co)
6. I.C., MSc., Pontificia Universidad Javeriana. [j.giraldo@javeriana.edu.co](mailto:j.giraldo@javeriana.edu.co)
7. I.S., Pontificia Universidad Javeriana. [milton.duarte@javeriana.edu.co](mailto:milton.duarte@javeriana.edu.co)
8. I.C., MSc., Pontificia Universidad Javeriana. [sandra.mendez@javeriana.edu.co](mailto:sandra.mendez@javeriana.edu.co)
9. I.C., MSc., Universidad de Medellín. [ljmontoya@udem.edu.co](mailto:ljmontoya@udem.edu.co)
10. I.C., MSc., Dr. Carlos Daniel Ruiz, Escuela de Ingeniería de Antioquia. [pfcarlos@eia.edu.co](mailto:pfcarlos@eia.edu.co)

Del total de la demanda de agua en Colombia, 82% del uso doméstico es para las zonas urbanas o cabeceras municipales, y 18% para el resto; además, 30.7% corresponde a la demanda doméstica de las cinco principales ciudades del país (13,6% Bogotá, 6.4% Cali, 5.9% Medellín, 2.8% Barranquilla y 2.0% Cartagena). La cobertura de agua potable para las zonas urbanas en 2011 se estimó en 96% y en la zona rural tan solo alcanzó 56.3% (DANE, 2012). Según un estudio de Defensoría del Pueblo (2005), solo 18% de 959 municipios cumple con las normas de potabilidad. En el caso de pequeños centros urbanos, se encontró que tan solo 64% cuenta con un plan maestro de acueducto y alcantarillado, y 46% lo reporta como en ejecución (CRA, 2013).

Un estimativo del caudal de aguas residuales generado por los centros urbanos identifica que se están arrojando a los cuerpos de agua cerca de 67 m<sup>3</sup>/s, en donde Bogotá representa 15.3%, Antioquia 13%, Valle del Cauca 9.87% y los demás departamentos están por debajo de 5%.

El rezago del país frente al tratamiento de aguas residuales se debe tanto a la inexistencia de infraestructura de sistemas de tratamiento como a la baja cobertura de las plantas existentes. Sólo 354 (33%) municipios del país cuentan con sistemas de tratamiento y se sabe que 29% de ellos no se encuentra operando. Se ha estimado que de los 159 m<sup>3</sup>/s de agua captados a nivel nacional, el volumen de aguas residuales que recibe tratamiento es cercano a 5 m<sup>3</sup>/s, equivalente a 3,1% del volumen mencionado. Algunas de esas aguas residuales se han reutilizado principalmente para el riego de cultivos con poco o ningún tratamiento; sin embargo, aunque se han desarrollado estudios de factibilidad técnica y propuestas para reutilizarla, falta mucha claridad frente al tema.

Los eventos de inundación en zonas urbanas es uno de los problemas, derivados de la urbanización, con más altos impactos sobre la población y su estilo de vida. Durante 2010 y 2011 se experimentó una temporada de lluvias sin precedentes históricos; durante esta época –14 meses–, se registraron 1734 eventos de inundación, lo cual corresponde a 45% de los eventos ocurridos en el decenio 1998-2008. Estos eventos en tan corto tiempo generaron consecuencias que excedieron los eventos previamente registrados, centenares de

muertos y más de tres millones de personas afectadas (UNGRD, 1998-2011).

Para el pronóstico de inundaciones rápidas se emplean los sistemas de alerta temprana, aunque en Colombia son pocos los avances en este sentido. Se instaló el Sistema de Alerta Temprana de Medellín (SIATA), primero en el país.

Se han generado algunos avances en torno al drenaje urbano sostenible, como elaboración de estándares y guías para la gestión ambiental en la construcción, programas de reconocimiento ambiental a edificaciones ECOeficientes (PRECO), techos verdes productivos para poblaciones vulnerables, humedales construidos para el control de la contaminación de la escorrentía urbana, así como la implementación de parques lineales y el establecimiento de redes ecológicas con el fin de articular funcionalmente las zonas verdes públicas existentes en la zona urbana e integrarlas con los fragmentos de vegetación natural del área rural, entre otras.

En el país se ha venido avanzando en la necesidad de contar con procesos de planificación urbana que contemplen el análisis de las problemáticas y potencialidades de la cuenca en sus diferentes componentes y con un fuerte énfasis en procesos.

La acción prioritaria es la de planificar el uso de las cuencas y microcuencas, sobre todo aquellas que están altamente urbanizadas, con el fin de garantizar suficiente agua en cantidad y calidad y contar con una mejor planificación ambiental y, por ende, unas directrices ambientales claras para el ordenamiento territorial.

Es necesario controlar la deforestación, el uso de plaguicidas y abonos de manera racional y fomentar una agricultura sostenible; igualmente se deben construir plantas de tratamiento de aguas residuales en todas las ciudades y poblaciones para evitar la contaminación de las fuentes hídricas y, así, poder reutilizar las aguas tratadas; implementar más y mejores soluciones de drenaje urbano sostenible y adoptar un sistema de una visión integral del uso y manejo del agua, en el cual se considere la cuenca como la fuente del recurso; educar a la población en el uso racional y ahorro del agua, y designar a las administraciones municipales como responsables del tratamiento de las aguas residuales y del ordenamiento territorial con énfasis en lo ambiental.

## Bibliografía básica

Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (1994, 2013). Sistema único de registro de Servicios Públicos, Bogotá.

DANE (2012). *Estadísticas Vitales 2012*. República de Colombia/Departamento Administrativo Nacional de Estadística, Bogotá, D.C.

Defensoría del Pueblo (2005). *Diagnóstico sobre la calidad del agua para el consumo humano en Colombia, en el marco del derecho humano al agua*. Informe Defensorial No. 39. Bogotá.

IDEAM (2008, 2010). *Estudio Nacional del Agua*. Bogotá. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2008). *Política de Gestión ambiental Urbana*. Bogotá.

UNGRD (1998-2011). *Tabla consolidada de eventos de desastres en Colombia*. Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, Bogotá.



Vista de San José, la capital de Costa Rica, desde las faldas del Volcán Poás. Foto: ©iStock.com/pilesasmiles.

# Costa Rica

## Las Aguas Urbanas en Costa Rica

Hugo G. Hidalgo León,<sup>1</sup> Carolina Herrero Madriz,<sup>2</sup>  
Eric J. Alfaro Martínez,<sup>3</sup> Ángel G. Muñoz,<sup>4</sup> Natalie P. Mora Sandí,<sup>5</sup>  
Darner A. Mora Alvarado<sup>6</sup> y Víctor H. Chacón Salazar<sup>7</sup>

Con la excepción de algunas ciudades que presentan problemas recurrentes, el suministro de agua potable en Costa Rica es bastante bueno. Sin embargo, el saneamiento (especialmente relacionado con el tratamiento de aguas negras) es un problema que apenas se está empezando a abordar. Por muchos años el porcentaje de aguas tratadas no superaba 4% de todo el territorio nacional. Estos números han empezado a cambiar

levemente con la entrada en operación de la planta de tratamiento Los Tajos, la cual beneficia a 1'070,000 habitantes de la Gran Área Metropolitana, sin embargo, hace falta mucho por hacer. En cuanto a la salud, muchas de las razones de sus buenos índices están relacionadas con el sistema solidario de salud social, aunque también debe darse crédito al efecto de la disponibilidad generalizada de agua potable en las zonas urbanas.

Es indispensable recuperar los ríos de las zonas urbanas. Costa Rica se ha preciado de ser un país verde, pero sufre de grandes contrastes en sus políticas ambientales con respecto a los ríos. Es necesaria una mayor conciencia acerca del problema del tratamiento de aguas negras y se debe invertir más recursos en plantas de tratamiento en zonas urbanas. La contaminación de los ríos urbanos es quizás el mayor problema relacionado con el recurso hídrico en aguas urbanas.

Costa Rica está influenciada por diversos fenómenos climáticos naturales de gran escala como El Niño-Oscilación del Sur, las variaciones climáticas del Atlántico, la posición del Centro de Convergencia Intertropical (una franja de gran cantidad de lluvias donde confluyen los vientos del Norte y del Sur) y los Vientos Alisios, representados por el Chorro de Bajo Nivel del Caribe. Asimismo, durante las últimas décadas, América Central ha experimentado cambios en las variables hidrometeorológicas que sugieren influencias antrópicas. Las tendencias en temperatura hacia noches y días más cálidos son bastante consistentes, mientras que las tendencias en precipitación (lluvia) lo han sido menos y

1. Coordinador del capítulo. Director, Centro de Investigaciones Geofísicas; Profesor, Escuela de Física, Universidad de Costa Rica; Miembro de número, Academia Nacional de Ciencias de Costa Rica.  
[hugo.hidalgo@ucr.ac.cr](mailto:hugo.hidalgo@ucr.ac.cr)
2. Consultora Independiente, PhC Ingenieros Consultores.
3. Profesor, Escuela de Física; Subdirector, Centro de Investigaciones Geofísicas; Investigador, Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad de Costa Rica.
4. Associate Research Scientist, International Research Institute for Climate and Society (IRI), Columbia University.
5. Asistente de Investigación, Centro de Investigaciones Geofísicas, Universidad de Costa Rica.
6. Director, Laboratorio Nacional de Aguas, Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.
7. Staff, Municipalidad de Pérez Zeledón y Comisión Nacional de Emergencias de Costa Rica.

poco claras. Además, en la ciudad capital de Costa Rica (San José) y en la capital de Honduras (Tegucigalpa) se han encontrado reducciones de escorrentía superficial importantes a partir de la década de los 80. Esto significa una reducción creciente en la disponibilidad de agua y un aumento en la aridez.

Aunque las incertidumbres son en general altas para esta región del planeta, las proyecciones con modelos climáticos apuntan hacia una América Central más seca a finales del siglo, especialmente en el norte (Honduras), mientras que en la parte sur (Costa Rica) las reducciones son menos severas. Análisis recientes han mostrado que Panamá podría ser más húmeda a finales de siglo. Esto está relacionado con un posicionamiento general más al sur del Centro de Convergencia Intertropical. Estos cambios toman más relevancia cuando se examinan a la luz de las diferencias socio-económicas entre el norte y sur de América Central y cuando se consideran vulnerabilidades propias de los países del área, como la dependencia de agricultura de subsistencia en algunas regiones o la vulnerabilidad de la sociedad ante eventos climáticos extremos. En este último punto, se espera que América Central tenga un aumento significativo en los eventos extremos tales como las sequías e inundaciones. Esto se puede ver agravado por la falta de inversión en infraestructura y por modificaciones antrópicas al uso del suelo como la deforestación y aquellas asociadas a una inadecuada planificación urbana.

En cuanto a las inundaciones urbanas, es necesaria una mayor cantidad de estudios que determinen la solución a estos problemas. Cada cuenca tiene características particulares, lo que hace difícil encontrar un tipo de solución única para todos los casos. En algunos lugares se está obligando a los desarrolladores de nuevas urbanizaciones a proveer un sistema para disponer de las aguas pluviales. Esto generalmente se hace por medio de lagunas de infiltración. Desafortunadamente, hay casos en que las lagunas se abandonan una vez que los permisos de construcción han sido aprobados y

hace falta un mejor control por medio de las municipalidades y ministerios encargados de verificar la correcta operación de estas lagunas.

Los riesgos de la variabilidad climática asociada a causas naturales, como por ejemplo las repercusiones asociadas a eventos de El Niño o La Niña, se pueden disminuir por medio de la preparación que nos ofrecen los pronósticos estacionales de medio plazo, los cuales permiten conocer con anticipación las condiciones hidroclimáticas futuras en muchas regiones del istmo; calidad y certeza de estos pronósticos varía a lo largo del año, pero es actualmente utilizada por los países centroamericanos para la toma de decisiones en varios sectores clave de la sociedad, con buenos resultados. El aprovechar la información de estos pronósticos puede ayudar a la prevención de impactos severos en la agricultura, generación hidroeléctrica, abastecimiento de agua, salud y otros. Adaptarnos a la variabilidad climática natural es un gran paso para la adaptación al cambio climático antrópico, dado que el dinamismo de los cambios a escalas estacional, inter-anual e inter-decadal permite a la sociedad explorar su resiliencia ante distintos tipos de amenazas, lo cual en principio debería ayudar a incrementar su capacidad adaptativa y disminuir vulnerabilidades. Sin embargo, hace falta incorporar aspectos relacionados con el cambio climático proyectado en la planificación integrada del recurso hídrico. Debido a la incertidumbre de las proyecciones de cambio climático, es necesario un mecanismo de planificación que incluya un manejo adaptativo del recurso hídrico en el cual las proyecciones climáticas a largo plazo guían planificación a más corto plazo, siempre considerando también la interacción de las distintas escalas de tiempo; por ejemplo, una oscilación decadal asociada a precipitaciones mucho mayores a la normal por un período de 10-15 años puede, efectivamente, contrarrestar para ese período una señal de sequía asociada a cambio climático. Pasado un cierto número de años, se revisan las proyecciones climáticas y la planificación a corto plazo para seguir avanzando.

## Bibliografía básica

- Aguilar, E. *et al.* (2005). Changes in precipitation and temperature extremes in Central America and northern South America, 1961–2003. *J Geophys Res Atmos*, 110 (D23). doi:10.1029/2005JD006119.
- Hidalgo, H.G. (2011). Los recursos hídricos en Costa Rica: un enfoque estratégico. En *Diagnóstico del Agua en las Américas*. México, Interamerican Network of Academies of Sciences-Foro Consultivo Científico y Tecnológico. pp. 203-219.
- Hidalgo H.G.; J.A. Amador; E.J. Alfaro y B. Quesada (2013). Hydrological climate change projections for Central America. *Journal of Hydrology*, 495: 94-112.
- Imbach, P. *et al.* (2012). Modeling Potential Equilibrium States of Vegetation and Terrestrial Water Cycle of Mesoamerica under Climate Change Scenarios. *Journal of Hydrometeorology*, 13: 665-680.
- MINAET (2009). *Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre cambio climático*. Gobierno de Costa Rica, Ministerio de Ambiente y Energía. Producción y edición: Instituto Meteorológico Nacional. 264 pp.

Vista panorámica de La Habana, Cuba. Abajo a la izquierda es posible ver la cámara de rejillas subterránea, destinada a evitar la entrada de objetos y arenas al sifón que mediante un túnel atraviesa la bahía de un lado a otro. Foto: ©iStock.com/FrankvandenBergh



# Cuba

## Gestión de acuíferos de islas en trópicos húmedos: El ciclo del agua urbana en La Habana, Cuba

Dra. Daniela de las Mercedes Arellano Acosta,<sup>1</sup> L.F. Molerio-León,<sup>2</sup>  
Dra. María I. González González<sup>3</sup> y Dr. E.O. Planos Gutiérrez<sup>4</sup>

### Sistema de agua potable

El sistema de suministro de agua potable de La Habana, ciudad capital de Cuba, se distribuye entre cuatro acueductos que abastecen a 99.7% de la población. El 99.1% de la población recibe agua que ha pasado por un sistema de tratamiento adecuado.

El agua se suministra a través de casi 4,000 km de tuberías y de las principales redes locales. Algunos de estos ductos se han utilizado por más de 100 años, ya que el Acueducto Albear fue considerado una de las Siete Maravillas de la Ingeniería Cubana y galardonado con la Medalla de Oro en la Feria Universal de París en 1878, y desvía los manantiales kársticos de la zona de

descarga del acuífero Vento de forma gravitatoria, garantizando casi 19% de la demanda de La Habana desde fines del siglo XIX. El resto de los sistemas requieren bombas de gran caudal, algunas de las cuales se encuentran a un poco más de 50 km de la capital, entre ellas, El Gato en la cuenca Jaruco. Una característica común del suministro de agua de la ciudad es que todas las aguas subterráneas provienen de acuíferos kársticos (tres de ellos tierra adentro, desarrollados en poljés kársticos y el cuarto en una planicie costera).

El perfeccionamiento del sistema de suministro de agua de La Habana combina un programa de ingeniería y saneamiento establecido en una política de reajuste de precios diseñada para cumplir con los siguientes componentes: 1) Modificación de las tarifas del sector estatal y privado, 2) Rehabilitación del sistema de acueductos, incluida la restauración de 3,200 km en los próximos 12 años, y 3) Reutilización de casi 3 m<sup>3</sup> por segundo de aguas residuales para utilizar, en tanto se finaliza la evaluación de la recarga artificial inducida de la cuenca de Vento. La idea es proporcionar una fuente confiable de agua que garantice el rendimiento seguro del acuífero.

Hasta el momento se han rehabilitado 692 km de redes locales de agua con tecnología HDPE, principalmente en zonas con poco suministro y baja presión; continúan pendientes la construcción y reparación de 3,200 km de ductos entre los que se incluyen 2,422 km

1. Coordinadora del capítulo. Investigadora Auxiliar, Comisión del Agua (CA); Academia de Ciencias de Cuba (ACC); Agencia de Medio Ambiente, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA). [marell@ama.cu](mailto:marell@ama.cu)
2. Autor principal. Profesor de Geología; Licenciado en Ciencias; CA; ACC; CITMA; Inversiones Gamma, S.A. [especialistaprincipal@gmail.com](mailto:especialistaprincipal@gmail.com)
3. Co-autora. Dra. en Ciencias Biológicas; Investigadora Titular, Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología, Ministerio de Salud Pública. [isa@inhem.sld.cu](mailto:isa@inhem.sld.cu)
4. Co-autor. Dr. en Ciencias Geográficas, Investigador Auxiliar CA; ACC; Instituto de Meteorología; Agencia de Medio Ambiente, CITMA. [eduardo.planos@insmet.cu](mailto:eduardo.planos@insmet.cu)

de redes en condiciones inadecuadas, más una ampliación de 235 km. Se planea llevar a cabo la rehabilitación/ampliación de 20% (543 km) de sistemas de alcantarillado, y también se está diseñando un proyecto de rehabilitación de 898 km de la red.

### Sistema de alcantarillado

La red central de aguas residuales alcanza una longitud de 1,130 km. Esta red y sus ramificaciones suministran

aguas residuales domésticas a través de procesos de tratamientos físico y mecánico antes de su eliminación en el océano a través de un túnel sumergido a una profundidad de 10.7 metros y a una distancia de 147 metros de la costa. El llamado Túnel del Alcantarillado de La Habana se construyó entre mayo de 1911 y abril de 1912 con una longitud de 375 metros, y fue excavado en las rocas bajo la bahía y la ciudad de Casablanca, en el lado oriental de la bahía. El Túnel descarga gravitatoriamente casi 110 Hm<sup>3</sup> de aguas residuales al año a un sistema de bombeo por impulsión.



Cámara de rejas subterránea, destinada a evitar la entrada de objetos y arenas al sifón que a través de un túnel atraviesa la bahía, de un lado a otro. Fuente: Juan de las Cuevas y colaboradores. Publicación de la Oficina del Historiador de la Ciudad de La Habana, Cuba, año 2012, pág. 38-56. Fotografía: Cortesía de Lissette Solorzano

## Estado de las enfermedades relacionadas con el agua en Cuba (La Habana)

La esperanza de vida de los cubanos al nacer es alta (77.97 años). La incidencia de enfermedades infecciosas y mortalidad son bajas, y la tasa de mortalidad infantil es muy baja (4.5/1,000 nacidos vivos). Se han eliminado quince enfermedades infecciosas de Cuba y otras ocho surgen tan rara vez que no representan problemas de salud pública (menos de 0.1/100,000 habitantes).

Los primeros casos de brotes de cólera en Cuba se reportaron en julio de 2012. Para el 14 de enero de 2013, se había confirmado un total de 51 casos, todos ellos caracterizados como *Vibrio cholerae* biotipo eltor serogrupo O1 enterotoxigénico serotipo Ogawa. El brote en La Habana fue resultado del manejo inadecuado de alimentos.

## Bibliografía básica

- Cruz Álvarez, M. R (s/f). *Las Siete Maravillas de la Ingeniería Civil Cubana*. La Habana, UNAICC, 20.
- Kalaf Maluf, J. (2013). *Plan estratégico para la solución de las pérdidas en la conducción de agua en La Habana*. Inédito. Conferencia Invitada. Sociedad Económica de Amigos del País, La Habana, Cuba, octubre de 2013.
- Organización Panamericana de la Salud (2012). *Salud en las Américas*. Ginebra: OPS/OMS.
- Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud (OPS/OMS) (2013). *Alertas y actualizaciones epidemiológicas*. Anuario 2013. Ginebra: OPS/OMS.



Panorámica del Volcán San Vicente y del Lago Ilopango contiguos a la ciudad de San Salvador.  
Foto: ©iStock.com/GomezDavid.

# El Salvador

## Perspectiva de las Aguas Urbanas en El Salvador

Julio César Quiñonez Basagoitia<sup>1</sup>

Desde la perspectiva de las aguas urbanas, la problemática hídrico-ambiental en el entorno del Área Metropolitana de San Salvador (AMSS) –la cual concentra 27% de la población de El Salvador– se ha configurado principalmente por las dificultades y tropiezos surgidos a partir de intereses políticos y económicos, que históricamente han venido interponiéndose a los esfuerzos e iniciativas por contar con una planificación del desarrollo urbano ambientalmente regulado y equilibrado.

Esta situación, aunada a vacíos legales y debilidades institucionales, ha propiciado un significativo cambio en los usos del suelo e impactos por el crecimiento urbanístico y sus modalidades de alta intervención, que se reflejan en un detrimento paulatino de zonas esenciales boscosas para la recarga hídrica del acuífero de San Salvador, para el mantenimiento de áreas de protección ecológica y ambiental, y para la preservación de las fuentes o nacimientos de agua, ubicados principalmente al Sur-Oriente de la capital y en las cuencas al Sur-Poniente que conforman las estribaciones de la Cordillera del Bálsamo hasta la planicie costera. Esta situación ha repercutido en una disminución paulatina

de los niveles freáticos del acuífero de San Salvador en aproximadamente 1m/año (Coto, 1994), estimándose incluso descensos de 2.47m/año para San Salvador y 1.47/año para Soyapango (Arévalo y Vásquez, 2005). Las zonas medias-bajas de la cuenca hidrográfica del Río Acelhuate son las que presentan mayor impacto, reflejándose baja productividad o desuso de algunos pozos situados en los municipios de Soyapango y San Marcos (Barrera, 2010). En abril de 2016, la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA) anunció que se encontraba en una situación extrema de dificultades para el abastecimiento a sectores del AMSS, debido a la reducción drástica de los niveles en los pozos y una baja productividad de estos, lo cual le llevó a tomar medidas paliativas y de emergencia. Reflejo de esa situación, en el año 2009, la ANDA reportó una producción de agua para el AMSS de 192.9 mt<sup>3</sup>, la cual ha venido disminuyendo anualmente, siendo para el año 2015 de 176.2 mt<sup>3</sup> (Boletín Estadístico ANDA, 2016). Este deterioro hídrico-ambiental también repercute y acentúa los riesgos hidrológicos por inundación en las zonas bajas del AMSS (MARN, 2013; Erazo, 2009), lo cual ya ha cobrado en años recientes pérdidas en vidas humanas y daños materiales, aunado a la necesidad recurrente de incrementar las asignaciones presupuestarias a la cartera de Obras Públicas, destinadas a la construcción de obras de protección, regulación y mitigación. Según el estudio, las áreas impermeabilizadas entre 1998 y 2009, con una extensión de 5.53 Km<sup>2</sup> sobre zonas sensibles y de protección, han originado un incremento hasta de 98% de los caudales pico y una reducción del tiempo de ocurrencia de 40%. Por otra parte, el mantenimiento

1. Ingeniero civil y MSc en Hidrología; especialista en Hidráulica e investigador en temas hídricos y ambientales; consultor de diferentes entidades públicas, privadas y de cooperación; Punto focal de IANAS en El Salvador.  
[julioquinonezb@gmail.com](mailto:julioquinonezb@gmail.com)

de los flujos superficiales y caudales base en la época seca también han experimentado un detrimento significativo que se refleja a nivel nacional, con riesgo para algunos ríos de desaparecer a corto o mediano plazos (SNET-MARN, 2005).

Algunas iniciativas de planeación hídrica-ambiental en el AMSS, que empezaron a surgir desde los años 70 –como METROPLAN-80, elaborada en 1969, PLAMDARH-1982 y PLAMADUR-1996–, dan cuenta de los intentos por orientar el desarrollo en una dirección diferente, pues aquellas concebían el crecimiento urbano desde una perspectiva de sostenibilidad ambiental. Sin embargo, poco a poco fueron siendo modificadas, sustituidas o ajustadas a las nuevas dinámicas económicas que se ejercían a partir de los Mercados de Tierras Urbanas (Lungo, 1998), los cuales le confirieron una revalorización exponencial al precio por vara cuadrada de tierra de las antiguas fincas de café que se ubican en la zona Sur-Poniente de San Salvador, adquiriendo la capacidad de conducir el crecimiento urbano, al margen de una real planeación socio-ambiental por parte del Estado. En esa misma línea, las directrices municipales de Zonificación Ambiental y Usos del Suelo establecidas por el MARN-2013 para la zona Sur-Poniente del AMSS determinaron una recategorización, donde importantes porciones concebidas anteriormente en el PLAMADUR-96 como de “máxima protección”, se presentan reformuladas como zonas de “área urbana continua” y “áreas a rehabilitar” (zonas de finca El Espino), lo cual expresa en gran medida la adaptación y ajuste de los planes actuales de ordenamiento ambiental a la lógica del crecimiento urbanístico extensivo y de alta intervención.

Esta situación que se refleja en el AMSS, se proyecta y reproduce de forma similar en el resto del país, impactando severamente en la calidad del agua de los ríos. Según el Programa de Monitoreo de la Calidad de las Aguas Superficiales a nivel nacional, que viene ejerciendo el MARN desde 2006, los ríos presentan una muy baja calidad de sus aguas. En el último informe, presentado en diciembre de 2017, se reporta un decrecimiento sustancial de los flujos aptos para potabilización mediante métodos convencionales, para riego y para usos recreativos. Por otro lado, se observa la creciente contaminación que han venido experimentado en los últimos años los ríos San Antonio y El Jute, situados en la zona Sur-Poniente del AMSS, precisamente en el entorno de la expansión urbanística que avanza en la

Cordillera del Bálsamo con el acelerado deterioro de sus cuencas que se extienden hasta la llanura costera. Se trata de ríos que hasta hace pocos años se consideraban limpios, dentro de un ámbito natural, portadores de bienes hídricos locales y apreciados por su valor paisajístico y recreativo.

En general, la contaminación de los ríos y acuíferos, debido principalmente a vertidos directos a los cuerpos de agua, al uso intensivo de agroquímicos y al bajo nivel de tratamiento de aguas residuales –el cual se reporta en 8.9% a nivel nacional (FOCARD-2013)–, es una temática fundamental que se torna más compleja cada vez más por su interrelación e impactos crecientes sobre otros campos prioritarios de la vida nacional, como son: la disponibilidad de agua para consumo humano y riego, la salud, la producción de alimentos, la recreación y el mantenimiento de los ecosistemas, entre otros.

De cara a este panorama de las aguas urbanas y su situación en el resto del país, y con la finalidad de propiciar un curso nuevo que revierta esta problemática, el MARN llevó a cabo el Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico (PNGIRH-MARN 2015). El Plan desarrolla un diagnóstico y análisis de la situación del agua, identifica las presiones que se ejercen sobre su disponibilidad, y formula una priorización y focalización de acciones a corto y mediano plazos, entre ellas, el proyecto de descontaminación del Río Acelhuate, que es la principal vertiente de aguas contaminadas en el AMSS, estimando una inversión general para llevar a cabo medidas estructurales y no estructurales a nivel nacional, en el orden de los US\$ 800 millones.

Sin embargo, con el fin de viabilizar este tipo de iniciativas, es importante la discusión y aprobación de la Ley General del Agua, la cual debe estar apegada a la realidad hídrico-ambiental del país, y a los principios y objetivos de una planificación bajo un enfoque de equidad, gobernanza pública del agua, participación ciudadana y sectorial, y de desarrollo sustentable. Por otra parte, es necesario profundizar las acciones y coordinaciones de trabajo conjunto entre instituciones, el diálogo con los diferentes actores, la generación de información y la revisión de ordenanzas y normativas que prioricen la construcción de proyectos ambientalmente integrados. Un objetivo a corto plazo debe enfocarse al fortalecimiento de las propias capacidades investigativas y metodológicas, desde las universidades y la academia, como un ámbito que potencie las implementaciones arquitectónicas sustentables, el diseño

ecológico de las ciudades, la socialización del conocimiento, la modernización de los procesos, y el manejo y desarrollo de tecnologías que posibiliten una mejor gestión, preservación y planificación de las aguas urbanas y de los bienes hídricos a nivel nacional.

## Bibliografía básica

ANDA (2016). Boletín Estadístico 2016. Disponible en: <http://www.anda.gob.sv/descargables>

Arévalo y Vásquez (2005). *Actualización del comportamiento del flujo subterráneo del acuífero de San Salvador*. Trabajo de graduación, UCA.

Barrera, M. (2010). *Caracterización Hidrogeoquímica e Isotópica de Áreas de Recarga en el Acuífero de San Salvador*. Trabajo de investigación para optar al grado de Maestra en Gestión de Recursos Hidrogeológicos, Universidad de El Salvador.

Erazo, A. (2009). *Análisis de los Impactos de los Cambios de Usos de Suelo en la Escorrentía Superficial del Arenal Seco, San Salvador*. SNET-MARN. Disponible en: <http://www.snet.gob.sv/estudios/uploads/impactosCambioUsoSuelo.pdf>

FOCARD-APS (2013). *Gestión de las Excretas y Aguas Residuales, Situación actual y perspectivas*. El Salvador.

Lungo, M. (1998). *La Gestión de la Tierra Urbana en El Salvador*. PRISMA.

MARN-Observatorio Ambiental. Informe de la calidad de las aguas en los ríos de El Salvador 2013-2017.

Disponible en: <http://www.marn.gob.sv/descarga/informe-de-calidad-de-agua-de-los-rios-de-el-salvador-2013/>

[http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd57/gestion\\_urbana.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd57/gestion_urbana.pdf)

[http://200.16.25.5/mgdh/carloslucca/suelo\\_creado\\_1.pdf](http://200.16.25.5/mgdh/carloslucca/suelo_creado_1.pdf)



Panorámica de Chicago, Río Chicago rodeado de edificios y oficinas. Foto: ©iStock.com/Arpad Benedek.

# Estados Unidos de América

## Un panorama de la gestión y de los problemas del agua para uso urbano en los Estados Unidos de América

Henry Vaux, Jr.<sup>1</sup>

Los sistemas urbanos de agua de los Estados Unidos de América se caracterizan por la “paradoja del agua” de los países desarrollados. Prácticamente toda la población cuenta con acceso a suministros de agua saludables y a servicios sanitarios adecuados. A pesar de eso, se vislumbra un futuro en el que los problemas plantean desafíos iguales a los que enfrentan otros países que no cuentan con estas ventajas. La escasez de agua es cada vez mayor. La calidad del agua empeora. La infraestructura urbana de saneamiento y suministro de agua ya es obsoleta. La planificación y el financiamiento para el mantenimiento y remozamiento son inadecuados y, si no se toman medidas a corto plazo, esta situación solo empeorará. La escasez de agua se intensifica debido al crecimiento demográfico y económico de las áreas urbanas, independientemente de si los suministros de agua se mantienen en su nivel actual o incluso se reducen. Las fuentes de abastecimiento habituales ya han sido asignadas y son poco confiables en algunas zonas. La deteriorada calidad del agua ocasiona que las reservas aprovechables se reduzcan aún más. También existen otras causas.

Las iniciativas políticas no han logrado educar al público sobre los problemas en este sentido y tampoco han logrado implementar las acciones necesarias para resolverlos. Se estima que los costos anuales de mantenimiento y modernización de la infraestructura de abastecimiento y saneamiento de agua serán de alrededor de \$11 mil millones y esta cifra será cada vez mayor con el paso del tiempo. Los costos de remozamiento y mantenimiento de la nueva infraestructura de suministro de agua son altos y los consumidores no parecen estar dispuestos a pagarlos. La magnitud de los problemas y el costo que se requiere para resolverlos sólo complican la situación.

La escasez de agua también pone en peligro la capacidad de abastecimiento a diversas poblaciones en crecimiento de algunas zonas urbanas. El crecimiento demográfico y económico impone demandas adicionales de agua. El problema se complica por el hecho de que el agua de muchas regiones del país ya ha sido asignada en su totalidad a una variedad de usos actuales. Las implicaciones del cambio climático en los suministros de agua existentes son inciertas en prácticamente todas partes. Algunas políticas actuales solo empeoran la situación. Las políticas de fijación de precios del agua no reflejan el valor real debido a la escasez y, de forma poco razonable, hacen creer a los consumidores que el agua se suministrará de manera gratuita, lo que solo aumenta la ignorancia sobre la escasez de agua entre la gente. Asimismo, estas políticas no exponen el hecho

1. Profesor Emérito de Recursos Económicos y Vicepresidente Asociado Emérito, Universidad de California. [vaux0@att.net](mailto:vaux0@att.net)

de que las nuevas tecnologías y fuentes de suministro son considerablemente más costosas que los precios de los suministros existentes. El resultado es una falta de transparencia en cuanto al carácter de la escasez de agua y el costo que implica solucionar el problema. El problema empeora porque la calidad del agua tiende a disminuir, poniendo en peligro los suministros de agua urbanos actuales y futuros.

Si bien las leyes vigentes han probado ser eficaces por lo que se refiere al aseguramiento de la calidad del agua potable y las aguas superficiales del país, hay indicios de que la calidad del agua se deteriorará en un futuro. Nuevos contaminantes del medio ambiente aparecen periódicamente. Las leyes actuales requieren que el Gobierno regule el uso de un contaminante una vez que este ha sido incluido en la lista de contaminantes candidatos. Adicionalmente, la legislación establece que al menos cinco contaminantes de la lista se sujeten a lo previsto en una decisión normativa cada año. El número de nuevos contaminantes viene creciendo en más de cinco por año, lo que supone que cada año que pasa el público estará expuesto a un mayor número de contaminantes que no han sido sujetos a análisis regulatorios.

Es posible dar solución a esta situación directamente de varias formas. Una de ellas es mediante el racionamiento de agua, es decir, suministrando cantidades limitadas a intervalos regulares. Existen precedentes de esta práctica en otras partes del mundo que sufren escasez de agua. Es importante que la población esté enterada de la medida tomada. Se ha confirmado que el consumo de agua disminuye si los consumidores tienen conocimiento de dónde proviene y de las limitaciones que se están implementando. Los precios y los mercados también contribuyen a que los consumidores estén conscientes de los costos reales del agua –incluido su valor por escasez– y garantizan que esta se distribuya de manera eficiente para sus diferentes usos.

Los problemas de escasez también pueden atenderse empleando tecnología emergente que aumente el suministro. El agua de calidad deteriorada para uso doméstico puede mejorarse mediante su tratamiento y también se pueden reciclar y reutilizar las aguas re-

siduales domésticas, así como utilizar tecnologías de desalinización para mejorar la calidad del agua subterránea degradada o para convertir el agua de mar en agua potable, en algunos casos. Debe entenderse que el aumento de la oferta en general será la opción de último recurso, ya que las políticas sobre precios, racionamiento y educación pueden mejorarse de manera directa y por una fracción del costo que se requiere para implementar nuevas tecnologías de mejora del agua. Es bien sabido que las estrategias menos costosas son un menor consumo (conservación del agua) y una mejor gestión del agua.

El capítulo concluye con la recomendación de cinco medidas concretas a seguir:

1. Los tres factores de peligro para la seguridad del agua urbana en los EUA –escasez de agua, infraestructura inadecuada y disminución de la calidad del agua– deben abordarse de manera integrada. No es posible dar solución a uno solo de estos peligros sin hacerlo con los otros, para que el resultado se traduzca en el logro de un nivel sostenible de seguridad hídrica urbana.
2. Es necesario que las políticas de precios del agua tengan en cuenta su valor debido a la escasez y también reconozcan que el costo adicional que representan las nuevas instalaciones con toda seguridad será mayor que el costo de las instalaciones existentes.
3. Quienes se encargan de la producción de los servicios urbanos de suministro y saneamiento del agua deben dar un mayor impulso a los programas integrales de educación y comunicación. El objetivo de estos programas debe ser mantener informados a los grupos de consumidores y público en general.
4. El Gobierno nacional debe autorizar y financiar adecuadamente los programas de evaluación y regulación tanto de los contaminantes actuales como de los potenciales. El apoyo financiero debe corresponder a la tarea en cuestión.
5. El aumento del suministro debe considerarse solo después de que se hayan implementado otras opciones más económicas.

## Bibliografía básica

American Society of Civil Engineers (2013). Report Card for America's Infrastructure, 2013. <http://www.infrastructurereportcard.org/>

Crook, James (2007). Innovative Applications in Water Reuse and Desalinization 2: Ten Case Studies. Alexandria, VA: WaterReuse Association.

Feldman, David Lewis (2007). Water Policy for Sustainable Development. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press. 881 pp.

National Research Council (2012). Water Reuse: Potential for Expanding the Nation's Water Supply Through Reuse of Municipal Wastewater. Washington, DC: The National Academies Press.

Venktaraman, Bhواني (2013). Access to Safe Water: A Paradox in Developed Nations. *Environment*, Vol. 55, No. 4. July/August. pp. 24-34.



St. George es la capital de Grenada. En 2004, el huracán Iván causó daños generalizados en el Caribe, y Grenada sufrió graves repercusiones económicas. Foto: ©iStock.com/Flavio Vallenari.

# Grenada

## Impacto del desarrollo en el suministro y saneamiento del agua en Grenada

Martin S. Forde<sup>1</sup>

### 1. Antecedentes

La urbanización no se limita a los países desarrollados, sino que ocurre también en muchas naciones en desarrollo, entre ellas, las ubicadas en la región del Caribe. Ciertamente, el Caribe es una de las regiones más urbanizadas del mundo, con alrededor de 69% de su población asentada en zonas urbanas.

Grenada goza de abundancia de recursos de agua dulce; sin embargo, actualmente se enfrenta a algunos desafíos en cuanto a su manejo. Esos recursos van desde la administración de centros urbanos en crecimiento, especialmente en el sur de la isla principal, hasta cuestiones legislativas –por ejemplo, no existe actualmente una legislación integral para la gestión del agua– y administrativas –el único proveedor de agua también se encarga de evaluar los servicios de suministro de agua–. Por otro lado, el accidentado terreno montañoso de Grenada plantea varios desafíos logísticos y prácticos que dificultan la canalización del agua desde sus fuentes a las zonas distales donde existe la demanda.

Grenada es, mayormente, de origen volcánico con un centro montañoso que baja abruptamente hasta la línea costera. Aproximadamente 70% de las pendientes de las montañas en Grenada tiene un gradiente supe-

rior a 20°, lo que propicia que los recursos de agua terrestres se precipiten de forma rápida y degraden las tierras. Por lo tanto, la topografía de la isla se caracteriza por sus pronunciadas pendientes, afiladas cordilleras y profundas y estrechas pendientes en dirección a la costa. Por otro lado, debido a la corta distancia promedio de 10 km desde las cimas de las montañas hasta la costa, la capacidad de retención de agua del suelo es bastante baja. La costa en sí está rodeada por abundantes arrecifes de coral.

Los cambios estacionales de los vientos alisios dan lugar a dos estaciones principales: una estación seca, que se prolonga desde enero hasta mayo, y una temporada de lluvias, de junio a diciembre. Por consiguiente, Grenada experimenta una marcada variación espacial en el patrón de precipitaciones debido a las diferencias en sus elevaciones orográficas. Las zonas montañosas altas son más frías en comparación con las zonas bajas costeras más cálidas. Se ha estimado que la evapotranspiración anual varía de 1,000 a 1,500 mm. La alta intensidad de las lluvias es habitual, lo cual da origen a una grave erosión del suelo de las pendientes. Las áreas montañosas pueden experimentar un promedio de aproximadamente 3,880 mm, mientras que las áreas más bajas de la costa norte y sur experimentan un promedio mucho más bajo, de 1,125 mm anuales.

Esto origina diferentes zonas climáticas. Algunas zonas de la isla experimentan temperaturas moderadamente cálidas entre 20°C y 22.5°C, sin estación seca, y precipitaciones superiores a 4,000 mm, en tanto que

1. D. Sc. Catedrático, St. George's University.  
[martinforde@mac.com](mailto:martinforde@mac.com)

otras zonas de la isla se caracterizan por sus cálidas temperaturas de más de 27,5°C, una prolongada estación seca y precipitaciones que oscilan entre 700 mm y 1,000 mm.

## 2. Problemas causados por la urbanización en el sector hídrico

La urbanización y, en términos más generales, el interrumpido desarrollo económico, sobre todo en el sector turístico, junto con un crecimiento demográfico incesante, han dado origen a una creciente demanda de agua potable y planteado diversos desafíos para su gestión en Grenada. En los últimos 30 años, los trabajos de conservación y mejoras de la infraestructura de los recursos hídricos no han progresado al mismo ritmo que la demanda. En consecuencia, las condiciones del actual sistema de abastecimiento de agua no son lo suficientemente adecuadas como para garantizar que se satisfaga el suministro de agua de buena calidad en las cantidades requeridas, sobre todo en la estación seca. Esta situación se ve agravada por la falta de observancia de las regulaciones relacionadas con la gestión de los recursos hídricos y la frágil situación financiera del organismo responsable de la gestión del agua –la Oficina Nacional de Agua y Alcantarillado (NAWASA)–, que se encarga de suministrar y mantener el adecuado volumen de recursos hídricos.

En un estudio reciente del sector hídrico de Grenada, realizado en 2007, se identificaron cuatro puntos cruciales necesarios para la sostenibilidad de la gestión integrada de los recursos y servicios hídricos:

- a. **Sostenibilidad financiera:** El poco y limitado acceso del Gobierno de Grenada a recursos financieros ha constituido un problema para obtener el financiamiento necesario, cuya finalidad sea garantizar la provisión de infraestructura adecuada para los recursos hídricos y para conseguir los fondos que se requieren para poder llevar a cabo las labores de mantenimiento y sustituir los recursos hídricos que se encuentran en deterioro.
- b. **Sostenibilidad institucional:** En Grenada, el mismo organismo que suministra agua al país también se regula a sí mismo. Por lo tanto, se necesita establecer una oficina de gestión de recursos hídricos independiente que se encargue de la distribución del agua, elaborar las proyecciones de la demanda, así

como llevar a cabo las pruebas de aseguramiento de calidad de esta.

- c. **Sostenibilidad operacional:** La condición para recuperar los costos totales del agua e invertir el capital recaudado en operaciones y mantenimiento para brindar mejores estándares de servicio depende del precio que se imponga a los servicios de suministro. Actualmente, el Gobierno es quien establece las tarifas que la empresa de servicios de agua NAWASA puede cobrar, y ellas no corresponden a los costos que se generan en la producción y suministro de agua de calidad para la población local.
- d. **Sostenibilidad financiera:** Si bien es posible que exista una variedad de soluciones, estas deben analizarse cuidadosamente para asegurar su viabilidad desde el punto de vista financiero, y que además logren satisfacer las necesidades de la población local, sin olvidar que cualquier solución suele implicar ajustes en el comportamiento y, por tanto, debe ser aceptable desde un punto de vista cultural.

## 3. Retos y soluciones del servicio de agua

Grenada cuenta con abundantes recursos de agua dulce. La urbanización por sí misma no plantea un desafío importante para los servicios de agua de Grenada. No obstante, la gestión y el mantenimiento financiero de estos recursos sí plantea importantes retos y es por esta razón que se continúa experimentando problemas en el suministro.

Dos opciones para mejorar la situación actual podrían ser reducir la demanda de agua y mejorar la capacidad de respuesta de los residentes ante los problemas de suministro. Otro enfoque técnico para reducir la demanda de agua es dar solución a las fugas del sistema de distribución actual. Incluso es posible diseñar e implementar políticas que promuevan el uso eficiente del agua y motiven a los residentes a recolectar y usar agua de lluvia.

## 4. Recomendaciones

Con base en los desafíos de Grenada expuestos con anterioridad respecto del suministro de agua en cantidad y calidad suficientes a una creciente población urbana, se presentan las siguientes recomendaciones:

## Bibliografía básica

- a. Para lograr una gestión adecuada y eficaz de los recursos hídricos, es necesario promover y aprobar leyes generales en materia de gestión integral de agua.
  - b. La responsabilidad del abastecimiento y regulación de un servicio de este tipo no debe recaer en un solo organismo. El organismo debe instituirse para actuar de forma independiente con objeto de garantizar una adecuada supervisión, así como un control eficaz de la calidad del agua que se suministrará a la población.
  - c. Es necesario poner en práctica políticas y programas que contribuyan a motivar a la gente a aprovechar mejor los beneficios que ofrecen los sistemas de recolección de aguas pluviales (RWH), con objeto de lograr, en primera instancia, reducir la demanda de agua corriente y, en segunda, ofrecer un mayor suministro de agua a la población local, especialmente durante los periodos de escasez.
- Caribbean Environmental Health Institute (2006). *National Rainwater Harvesting Programme for Grenada*. Ministry of Health, Social Security, Environment and Ecclesiastical Affairs, Grenada.
- Cashman, Adrian C. (2013). *Water Security and Services in the Caribbean*. Washington D.C., USA: Inter-American Development Bank.
- Government of Grenada (2007a). *Framework for Water Policy Implementation*. St. George's, Grenada: Government of Grenada.
- (2007b). *Grenada Water Sector Review*. St. George's, Grenada: Government of Grenada.
- (2007c). *National Water Policy*. St. George's, Grenada: Government of Grenada.
- Madramootoo, C. A. (2001). Hydrologic analysis of potential irrigation sites in Grenada, Technical report presented to Food and Agriculture Organization of the UN and Ministry of Agriculture, Lands, Forestry & Fisheries, Government of Grenada, Project TCP/GRN/0066
- NAWASA (2009). *NAWASA Strategic Plan: 2009-2014*. St. George's, Grenada: Government of Grenada.



Gente paseando en la plaza principal donde se observa la fuente monumental y la fachada del Palacio Nacional, Ciudad de Guatemala. Foto: ©iStock.com/mtcurado.

# Guatemala

## El Agua Urbana en Guatemala: El caso de Tegucigalpa

Manuel Basterrechea,<sup>1</sup> Carlos Cobos<sup>2</sup> y Norma Gil<sup>3</sup>

En 2016 se estimó que había en Guatemala 16 millones de habitantes, 53% de los cuales vivía en las ciudades y, de estos, alrededor de 3 millones vivían en la ciudad capital y en los municipios vecinos. En el año 2030, se estima que cerca de 70% de la población vivirá en espacios urbanos y habrá nueve ciudades intermedias –de medio a más de un millón de habitantes– que requerirán de abastecimiento de agua y saneamiento.

El país, por ubicarse en medio de dos océanos y atravesado por la Cordillera de Los Andes, presenta una orografía abrupta, ubicándose varias ciudades en el altiplano (parte alta de las cuencas), donde la principal fuente de agua es la subterránea. El resto de cabeceras municipales está ubicado en las partes medias y bajas, donde hay mayor disponibilidad de agua superficial, pero están contaminadas por fuentes puntuales y no puntuales sin tratamiento de las partes medias y altas; las aguas subterráneas son también fuente importante de abastecimiento para la población y actividades económicas.

El abordaje integral de las aguas urbanas es incipiente en el país y la información relacionada que permite diagnosticar los impactos causados por la urbanización se ha concentrado en la ciudad capital y los municipios vecinos –área metropolitana (AM)–. El crecimiento urbano de la Ciudad de Guatemala desde su creación en 1776, pero sobre todo de los otros municipios del AM en las últimas cuatro décadas, ha provocado la reducción de la infiltración de agua por la impermeabilización y la sobreexplotación de los acuíferos por la demanda creciente, por la contaminación de las fuentes superficiales y subterráneas, por la descarga de aguas residuales sin tratamiento y el acceso a nuevas fuentes de agua que se encuentran fuera de su jurisdicción, lo cual crea conflictos.

En el primer caso, la solución al problema depende fundamentalmente de ordenar el aprovechamiento de los acuíferos a través de distintos instrumentos de gestión, cuya aplicación resulte del consenso entre las partes, así como favorecer la infiltración y reutilización del agua de lluvia de las áreas impermeabilizadas. En el segundo caso, se deberán rehabilitar y construir plantas de tratamiento y entrenar a técnicos que operen los sistemas de tratamiento. En el tercer caso –acceso a nuevas fuentes– será necesario considerar mecanismos de asignación y compensación.

Las ciudades intermedias se verán adicionalmente condicionadas por los efectos de la variabilidad climática con intensidades de lluvia de mayor magnitud y más frecuentes, lo cual presenta retos preocupantes a la estructura municipal para el manejo de las aguas urbanas. Ante este avance de la zona urbana y la variabilidad climática, generalmente las municipalidades

1. Ingeniero civil, Maestro en Recursos Hidráulicos y Doctor en Ingeniería Civil y Ambiental; miembro de la Academia de Ciencias de Guatemala; presidente de la empresa de consultoría Asbasa. [asebaste@gmail.com](mailto:asebaste@gmail.com)
2. Ingeniero civil con maestría en Hidrología; asesor de la Municipalidad de Guatemala. [cobos.carlosroberto@gmail.com](mailto:cobos.carlosroberto@gmail.com)
3. Licenciada en Química Biológica con maestría en Medio Ambiente, Centro de Estudios del Mar y Acuicultura de la Universidad de San Carlos. [normadecastillo1965@yahoo.com](mailto:normadecastillo1965@yahoo.com)

son rebasadas en la prestación de los servicios, especialmente en el tema de drenajes pluviales, sanitarios y la dotación de agua potable.

Si no se planifica, las nueve ciudades intermedias igual crecerán como ha crecido el AM, y probablemente las fuentes de agua se agotarán, se contaminarán por el mal uso y el abuso generara escasez y conflictos (*Revista Contrapoder*, 8 de septiembre de 2016).

Por lo tanto, el abastecimiento de agua y saneamiento al AM y las ciudades intermedias requiere de un esfuerzo coordinado entre las municipalidades debido a que la explotación del agua subterránea, como se ha hecho hasta ahora, es insostenible si no se favorece de manera natural y artificial la infiltración y se mejora la demanda (menor consumo per cápita) y oferta (menor número de fugas y conexiones ilícitas). Otra línea de acción es lograr el tratamiento de todas las aguas residuales. La inversión millonaria que se requerirá deberá ser compartida con los generadores. La investigación

sobre las causas y los efectos de la urbanización y las medidas a tomar deben promoverse entre los centros y universidades, lo cual ofrecerá resultados relevantes en la planificación de las ciudades intermedias.

Recientemente, se puso en marcha la iniciativa del Fondo para la Conservación del Agua en la región metropolitana de Guatemala (FONCAGUA). El fondo es un mecanismo financiero para invertir en infraestructura verde (protección de suelos, bosques y aguas; mejores prácticas de sistemas productivos; infraestructura de cosecha de agua y recarga hídrica; fortalecimiento a la gobernanza e institucionalización; educación para el ahorro del agua). El modelo prevé que los grandes usuarios del agua estén dispuestos a poner recursos financieros para fortalecer el fondo. Con el fin de diseñar y poner en marcha el FONCAGUA, se ha constituido un grupo promotor en donde participan empresas privadas, autoridades públicas, gobiernos locales, instituciones académicas y ONG.

## Bibliografía básica

- CEPAL (2004). Informe de la evaluación de los daños ocasionados por el huracán *Mitch* - 1998.
- CEPAL (2006). Informe con respecto al *Stan* (2005) e informe de SEGEPLAN (2010) con respecto a *Aghata*.
- IARNA-URL y TNC (2012a). Disponibilidad de agua en la región metropolitana de Guatemala: bases fundamentales.
- IARNA-URL y TNC (2012b). Elementos de análisis para caracterizar el estado y estimar el consumo de las aguas subterráneas en el área metropolitana de Guatemala.
- IARNA-URL y TNC (2013). Análisis de la demanda de agua y evaluación del valor ambiental de las zonas de recarga hídrica en la zona metropolitana de la ciudad de Guatemala.
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (2012). *Diagnóstico Nacional de Salud*. Marzo de 2012.
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (2012). Información proveniente del inventario de sistemas de agua trasladado a PROVIAGUA durante el Taller con Directores y Supervisores de Saneamiento de las Áreas de Salud, junio 2012.
- Samper, Olga (2008). *Informe final: Plan Estratégico del Sector Agua de Agua Potable y Saneamiento*. Guatemala. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, D.C.



Tegucigalpa, Honduras. Foto: ©iStock.com/edfuentesg.

# Honduras

## Gestión del Agua Urbana en Honduras: El caso de Tegucigalpa

Marco Antonio Blair Chávez<sup>1</sup> y Manuel Figueroa<sup>2</sup>

### 1. Introducción

El presente caso de estudio se enfoca a la Gestión del Agua Urbana en la Zona Metropolitana del Distrito Central conformada por las ciudades de Tegucigalpa y Comayagüela, capital de Honduras, con 1.21 millones de habitantes (INE, 2013).

Honduras es un país privilegiado, posee costas en los océanos Atlántico y Pacífico; clima variado tropical cálido húmedo a tropical templado seco y sabana tropical en la costa del Pacífico; abundantes recursos hídricos irregularmente repartidos. Presenta tres características importantes: población muy joven, población en el área rural que es mayor y población femenina que es mayoritaria.

### 2. Fuentes de agua en zonas urbanas y los impactos causados por la urbanización

En la Capital de Honduras, los problemas surgen debido a la distribución de la población que no corresponde a la disponibilidad de agua de las fuentes y a los proble-

mas críticos en zonas específicas como asentamientos informales y zonas periurbanas. En el Distrito Central, el Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados (SANAA) provee el servicio de agua potable por gravedad a 120,204 usuarios, (50% PU). El servicio es racionado, con interrupciones continuas por fallas en la red y limitantes de presión, y tiene poca disponibilidad de oferta. El resto de la población urbana se autoabastece de agua mediante carros cisternas.

Los impactos del desarrollo urbano se reflejan en la cantidad y la calidad del agua, debido a descargas abiertas o eliminación incorrecta de las aguas residuales urbanas e industriales, y la falta de tratamiento; la impermeabilización de áreas urbanizadas (pavimento, áreas de techos); conexiones ilegales de aguas residuales y aguas de lluvia; limpieza de calles: tragantes como depósitos de la basura e inundaciones en las partes bajas de la ciudad con agua muy contaminada.

Además del SANAA, el servicio de suministro de agua en el Municipio del Distrito Central también es brindado a través de Juntas Administradoras de Agua y mediante carros cisternas.

### 3. Servicio de agua potable en la zona urbana del Distrito Central

El SANAA es la institución oficial descentralizada del Gobierno Central encargada de la administración de los sistemas para el suministro de agua a la población del área urbana del Distrito Metropolitano, donde se pre-

1. Ingeniero Civil, Ml Ingeniería Sanitaria, MSc Water Resources Management; Miembro Titular de la Academia Nacional de Ciencias de Honduras y Punto Focal de Agua; Instituto Nacional de Estadística. [thonyblair@yahoo.co.uk](mailto:thonyblair@yahoo.co.uk)
2. PhD Microbiology University of Kentucky, USA; Premio Nacional de Ciencias 1971; Miembro Fundador Academia Nacional de Ciencias. [manuel\\_figueroa@yahoo.com](mailto:manuel_figueroa@yahoo.com)

sentan muchos problemas debido a la desigualdad de la densidad de su población y el alto contraste socioeconómico de la misma, como los barrios en desarrollo con alta densidad poblacional que presionan una elevada demanda del recurso agua.

La Ley Marco del Sector Agua Potable y su Reglamento (Decreto Legislativo N° 118-2003 Congreso Nacional de Honduras, Enero de 2004) establece la creación del Consejo Nacional de Agua y Saneamiento (CONASA), el Ente Regulador de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento (ERSAPS). De igual manera, readecua el marco legal e institucional del sector agua potable y saneamiento, creando la Comisión Municipal de Agua y Saneamiento (COMAS) y la Unidad de Supervisión y Control Local (USCL), ambas con jurisdicción en todo el territorio del Municipio.

Los sistemas municipales administrados por el SANAA son convencionales, con conexiones domiciliarias individuales. Dentro de los sistemas no convencionales, en el Área Metropolitana del Distrito Central se utilizan carros cisternas, bancos de llaves públicas, venta libre de agua con camiones “acondicionados” en forma artesanal con cisternas. La cobertura del SANAA, en la capital de Honduras, es de 55% de las viviendas con conexión domiciliar individual.

El costo per cápita por la prestación del servicio de acuerdo con el grado de cobertura establece una relación diferencial en función del nivel económico del cliente, creando cuatro categorías en función del consumo medido, aplicando únicamente la regla simple “quien consume más debe pagar más”. Las categorías de servicio incluyen doméstico, comercial, industrial, gubernamental, patronatos y Juntas de Agua.

En el Área Metropolitana del Distrito Central la tipología del sistema de abastecimiento de agua es por gravedad, influenciado por su geomorfología. Sin embargo, además del SANAA, existen Juntas de Agua que operan pequeños sistemas descentralizados con fuentes de agua subterránea. Las características de los servicios en términos de continuidad, calidad de agua, presión, fugas de la red de agua potable, entre otros, han sido evaluadas por el Ente Regulador (ERSAPS).

El uso del agua en el Área Metropolitana del Distrito Central abarca las categorías: doméstica, comercial, industrial, pública. El SANAA establece prohibiciones sobre el derroche del agua, imponiendo sanciones que

van desde multas hasta la suspensión del servicio. El problema permanente relacionado con el abastecimiento de agua, para la población conectada a la red municipal del SANAA, está relacionado con el racionamiento del suministro del agua, el cual se agudiza en la época de verano.

#### 4. Tratamiento de agua en las ciudades

La cobertura del tratamiento para la potabilización del agua de la red municipal administrada por el SANAA es de 100%. La red está conformada por cuatro subsistemas, cada uno provisto con su propia planta potabilizadora. La cobertura del tratamiento para la potabilización del agua es general y no existe diferencia alguna por nivel económico de la población a ser servida.

Las plantas para potabilización del SANAA son sistemas convencionales que incluyen coagulación, floculación y desinfección, en los cuales se requiere el uso de insumos químicos. Las plantas de tratamiento para la depuración de las aguas residuales de un sector del sistema de alcantarillado sanitario de la Ciudad Capital son aerobias, siendo el oxígeno el único insumo que se requiere para su operación.

En Honduras se cuenta con las “Normas Técnicas de las Descargas de Aguas Residuales a Cuerpos Receptores y Alcantarillado Sanitario”, que regulan los valores de los efluentes líquidos de las PDAR desde 1997. De acuerdo con el Plan Maestro del Alcantarillado de Tegucigalpa, D.C. (SANAA, 1980), se construyó una PDAR de 50 mil m<sup>3</sup> diarios. En el sector privado existen pequeñas PDAR que han colapsado convirtiéndose en focos de contaminación ambiental.

#### 5. El agua y la salud en Honduras

Tanto la escasez como la abundancia del agua afecta la salud de los hondureños. Para los habitantes de los barrios ubicados en los cerros y partes altas de los barrios periurbanos no se cuenta con servicio de agua potable ni alcantarillado. En muchas casas no hay ni letrinas, y la suciedad es arrastrada por la lluvia a los barrios de más abajo, contaminando las calles antes de llegar a la quebrada más cercana. Las consecuencias para la

salud son evidentes: las diarreas infantiles son la principal causa de muerte en los niños menores de 5 años; el parasitismo intestinal, la amebiasis, es común en la niñez y aun en los adultos. La tasa de mortalidad en Honduras es de 19.85 por mil nacimientos, (Secretaría de Salud, 2013).

## 6. Variabilidad y cambio climático

El cambio climático ha aumentado la vulnerabilidad de las ciudades, tal como lo ha demostrado la capital de Honduras. El patrón de lluvias es uno de los factores climáticos que ha sido más alterado por el cambio climático, provocando serios problemas en las ciudades grandes. Las inundaciones y destrucciones que provocó el Huracán Mitch en Tegucigalpa y Comayagüela en 1998 pueden servir como un recordatorio del impacto catastrófico como consecuencia de los eventos climáticos extremos en las zonas urbanas.

## Bibliografía básica

- Congreso Nacional de Honduras (Enero de 2004). Decreto Legislativo 118-2003 de 20 de Agosto de 2003 Ley Marco del Sector Agua Potable y Saneamiento; Acuerdo Ejecutivo N° 006-2004 Reglamento General de la Ley Marco del Sector Agua Potable y Saneamiento, Tegucigalpa, MDC.
- Figueroa, M; Poujol, E; Cosenza, H. y Kaminsky, R. (1990). Etiología de las diarreas infantiles en tres comunidades de Honduras. *Revista Médica Hondureña*, 58: 212-220, 1990, Tegucigalpa, MDC.
- Instituto Nacional de Estadísticas (INE) (Mayo de 2013). *Encuesta Permanente de Hogares de Propósitos Múltiples. Cuadragésima Cuarta Encuesta*. Tegucigalpa, MDC.
- Ministerio de Salud/Organización Panamericana de la Salud OPS/OPM (1997). Normas Técnicas de las Descargas de Aguas Residuales a Cuerpos Receptores y Alcantarillado Sanitario, Tegucigalpa, MDC.
- SANAA (Noviembre de 1980). Plan Maestro de Agua para Tegucigalpa, DC.



Panorámica de la Ciudad de México donde siglos atrás había un hermoso lago. Foto: ©iStock.com/ isitsharp.

# México

## Agua Urbana en México

**Ismael Aguilar Barajas,<sup>1</sup> Blanca Jiménez Cisneros,<sup>2</sup> Karina Kloster,<sup>3</sup>  
Polióptro Martínez,<sup>4</sup> Jacinta Palerm,<sup>5</sup> Amalia Salgado,<sup>6</sup>  
Ricardo Sandoval,<sup>7</sup> María Luisa Torregrosa<sup>8</sup> y Jordi Vera<sup>9</sup>**

México es un país que presenta desigualdad en el acceso a los servicios de agua y de saneamiento, así lo demuestran algunos datos que se han presentado. El panorama puede agudizarse, sobre todo, porque se estima que la población urbana seguirá creciendo, generando una presión creciente sobre el desarrollo urbano y la prestación del servicio del agua, particularmente en las zonas del país donde el recurso ya es escaso.

Una conclusión fundamental para proceder a una mejor toma de decisiones respecto del manejo del agua urbana es la necesidad de contar con información apropiada para este uso. Ello requiere de un cambio en

la forma en la cual se construyen las bases de datos, más que el realizar nuevas o diferentes maneras de tomar los datos.

En México se deberá pugnar porque el derecho humano al agua sea cumplido en tanto acceso, cobertura, calidad y asequibilidad. Sin embargo, lo que se observa es que en algunas zonas en donde el acceso es precario, este solo es posible a través de la creación de nuevas modalidades de formas de abasto de agua, como son la comercialización mediante pipas o los arreglos comunitarios para la construcción, mantenimiento y operación del sistema local, que suelen basarse en una alta

1. Ingeniero civil, maestro y doctor en Planeación Regional y Urbana, Escuela de Economía y Ciencias Políticas de Londres; investigador del Centro del Agua Para América Latina y el Caribe, Tecnológico de Monterrey, Fundación FEMSA y BID; miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel II.
2. Ingeniera ambiental, maestra, doctora y post doctorada del Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse, Francia en Tratamiento y reúso del agua; miembro de la Academia Mexicana de Ciencias y de múltiples asociaciones nacionales e internacionales; actualmente es directora de la División de Ciencias de Agua y secretaria del Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO.
3. Socióloga, maestra y doctora de la FLACSO y de la UNAM, respectivamente; miembro de la Red Waterlat-Gobacit y coordinadora del Área Temática 10 de la Red: Agua y violencia; coordinadora del Premio de Estudiantes de la Red y profesora e investigadora de la Universidad de la Ciudad de México.
4. Ingeniero civil, maestro y doctor en Hidráulica por la UNAM; miembro de la Academia Mexicana de Ciencias, de la Academia de Ingeniería, de la International Association for Hydro-Environment Engineering and Research, de la International Water Resources Association, UNESCO; catedrático de la Universidad de las Américas de Puebla (UDLAP); miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel II
5. Antropóloga con maestría y doctorado en Geografía Humana en la Universidad de Toulouse, Francia; miembro de la Academia Mexicana de Ciencias; catedrática de Desarrollo Rural del Colegio de Posgraduados; coordinadora de la Red de Investigadores Sociales del Agua (RISSA); miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel III.
6. Directora General de la Asociación Civil Turkana Vivencias Verdes; consultora nacional en temas ambientales; profesora de asignatura de la FCPyS de la UNAM.
7. Consultor nacional e internacional en el manejo y gestión de recursos hídricos y en desarrollo institucional de servicios de agua y saneamiento; actualmente es socio consultor en Sextante Servicios de Consultoría.
8. Socióloga de la UNAM, maestra y doctora por El Colegio de México; miembro de la Academia Mexicana de Ciencias; coordinadora de la Red de Agua de la Academia; miembro de redes de agua nacionales e internacionales; investigadora de tiempo completo de la FLACSO-SEDE México. [marialuisatorregrosa@gmail.com](mailto:marialuisatorregrosa@gmail.com)
9. Biólogo por la Universidad de Barcelona, maestro en Ciencias Ambientales con especialidad en política ambiental por la Universidad de Wageningen; actualmente trabaja en la Asociación Civil Fondo Golfo de México en Coatepec, Veracruz, siendo responsable de monitoreo, así como de la planeación con perspectiva de cuenca para un proyecto GEF.

inversión de los propios pobladores y en regulaciones autogestivas que incluyen el control, la vigilancia del sistema y la implementación de sanciones.

Al tomar en cuenta el panorama anterior, la gobernanza del agua adquiere relevancia para lograr una distribución equitativa del líquido que esté basada en el acceso al agua como un derecho humano. Y aunque en los últimos años se ha experimentado profundas transformaciones en la política del agua a través de la descentralización de la prestación del servicio público de agua potable, el crecimiento de la demanda de agua en las áreas metropolitanas y la incorporación de la participación de la población en la solución de los problemas plantean un enorme desafío para las autoridades locales y federales. Por ello, el esfuerzo por ordenar el marco de gobernanza de los servicios urbanos de agua, así como implementar mecanismos de gestión de la demanda, debería ser, al menos, tan importante como el que se sigue dedicando a los grandes proyectos de transporte de caudales entre cuencas.

Como se ha planteado, México produce alrededor de 1.5% de los gases de invernadero y, sin embargo, es uno de los países con mayores riesgos por cambio climático. En las zonas urbanas, los efectos del cambio climático se sumarán y serán potenciados por otros procesos que los harán más peligrosos, por lo que una visión prospectiva de la vulnerabilidad de las ciudades de México requiere ser integral. Se podría suponer que las zonas de mayor vulnerabilidad se ubican en las zonas rurales, por sus condiciones históricas de pobreza y marginación. Sin embargo, algunas de las regiones de mayor vulnerabilidad son de hecho algunas de las principales ciudades del país, lo cual es debido principalmente al constante crecimiento poblacional, la concentración urbana y la ubicación de las ciudades en zonas de escasos recursos hídricos o aun sobrexplotados que incrementan asentamientos en zonas de alto riesgo por impactos del cambio climático, lo que aumenta su grado de exposición. De modo que los tres órdenes de gobierno deberían mejorar su acción coordinada para optimizar y ordenar las prácticas de uso del suelo, e incursionar en nuevos modelos de planificación urbana que tomen en cuenta los impactos de la variabilidad climática y permitan manejar de manera más eficaz los escurrimientos pluviales.

En materia de agua y salud ha habido avances que se pueden observar en el descenso de las tasas de enfermedades infecciosas intestinales, sin embargo, falta mucho por hacer, ya que en otras enfermedades como la tifoidea o la salmonelosis los casos han aumenta-

do, por lo que deberían reforzarse algunos programas como el Programa de Agua Limpia o bien implementarse nuevos programas que favorezcan el incremento de la cobertura del agua potable

Por otro lado, como se ha visto, no todas las ciudades pueden soportar la carga financiera de los grandes acueductos a presión. Estos también generan daños sociales y ambientales en las cuencas de origen y en el trayecto de los acueductos, acrecentando, en muchos casos, el uso de energía para el bombeo y el tratamiento de las aguas. La concepción de este tipo de proyectos bajo el argumento de “sustitución de fuentes” no puede significar el abandono del mandato para controlar la extracción de las aguas subterráneas y las descargas en cuerpos superficiales.

En cuanto al rubro financiero, este debería ser reformado para contribuir a dar estabilidad e incentivos a la eficiencia a los operadores. Hoy por hoy, un sistema deteriorado por causa de malas decisiones en el pasado puede siempre aspirar a ser rescatado con recursos federales, si la ciudad cuenta con la capacidad de negociación política y financiera para hacerlo. De manera gradual, deberían implementarse programas de subsidio vinculados a las mejoras en el desempeño, que promuevan la profesionalización de municipios y organismos en la administración de los sistemas. Asimismo, se puede observar que el Gobierno mexicano ha hecho enormes esfuerzos para incrementar las coberturas y mejorar el desempeño de los sistemas municipales, pero persisten retos enormes para asegurar servicios sostenibles y de calidad. Hay una necesidad urgente de implementar un sistema eficaz para la custodia, restauración y preservación de las aguas nacionales, que revierta el desequilibrio hidrológico en numerosas cuencas y acuíferos. De poco servirá buscar mayor eficiencia energética en la extracción si los niveles de los mantos freáticos siguen descendiendo y las fuentes confiables y de calidad están cada vez más lejos y en estado de vulnerabilidad. No habrá recurso que alcance si perdemos las fuentes de agua limpia.

Asimismo, debe promoverse en los municipios y entidades federativas una profunda reforma institucional que dé más claridad al ciudadano sobre las responsabilidades de cada órgano u orden de gobierno. Los organismos operadores deberían tener claridad e independencia operativa, recursos suficientes y un apoyo presupuestal vinculado a su desempeño, mientras las autoridades municipal y estatal deberían centrarse en la regulación de las tarifas y del propio desempeño, pero sin interferir continuamente con las decisiones

operativas y de administración de los sistemas. Los usuarios deberían ser facultados para informarse, entender la situación de sus sistemas de agua y saneamiento, participar en las decisiones y exigir que se les proporcionen servicios de calidad a un precio justo, en la medida que se comprometan también a cumplir con el pago y el buen uso de los servicios.

Un punto clave son los consejos directivos de los organismos, los cuales deberían integrarse en las ciudades medias con ciudadanos que realmente puedan apoyar de manera profesional el buen curso de los sistemas, utilizando buenas prácticas de gobierno corporativo y estableciendo mecanismos para garantizar que los consejos rindan cuentas plenas, especialmente si son ciudadanos. Las autoridades políticas locales deberían ser plenamente responsables del estado de los activos y flujos de los organismos operadores, y rendir cuentas de ellos en la entrega a la siguiente administración municipal. Mejores mecanismos de comunicación, como los observatorios ciudadanos del agua, pueden ayudar a construir un diálogo maduro e informado entre autoridades, operadores y ciudadanos.

Entre los retos derivados de los aspectos físicos del agua está la falta de criterios para establecer volúmenes apropiados de uso eficiente de agua y a partir de ello el establecimiento de programas en ciudades para hacer un uso eficiente de agua. Ello ahorraría no solo agua sino también la energía que se emplea para transportarla, potabilizarla y tratarla. Por otro lado, y poco reconocido aún a nivel nacional, destaca la importancia del reúso de agua en las ciudades de México. En comparación con muchos otros países (Jiménez y Asano, 1998), las ciudades de México, y en particular las más grandes, se caracterizan por niveles de reúso muy superiores a muchas ciudades de diversos países incluidos los desarrollados. Esta ventaja del país es una que no solo se debería preservar sino incrementar aún más, y hacer del país uno que exporte conocimiento y tecnología en este campo.

Como se puede observar, la situación actual y prospectiva del abasto de agua a las ciudades de México es, sin duda, crítica. Requiere de un enorme esfuerzo de organización y coordinación para detener el deterioro dramático de la calidad y disponibilidad del agua, del uso del suelo y la falta de mecanismos de rendición de cuentas que induzcan una administración profesional de los sistemas. La falta de información confiable en algunos rubros, como la cifra de las conexiones clandestinas o el abasto de agua mediante pipas, matiza las cifras de cobertura que se mencionan en los datos

oficiales. El acceso a la información, su análisis y su comunicación hacia tomadores de decisión y ciudadanos puede ser una palanca importante en este cambio; la comunidad académica debe jugar un papel central en esta tarea.

## Bibliografía básica

- Aboites (2004). "De Bastión a Amenaza. Agua, Políticas Públicas y Cambio Institucional en México, 1947-2001" en Boris Graizbord (ed.), *El Futuro del Agua en México*. México, Universidad de Guadalajara/Centro Universitario Económico Administrativas. pp. 87-114
- Aguilar Barajas, I. (2013). "Gestión de Riesgos Hidrometeorológicos Extremos para el Área Metropolitana de Monterrey y su Adaptación al Cambio Climático", Documento de Reporte Final, Proyecto Fortalecimiento de la Gobernanza Hídrica en Contextos de Cambio Climático: El Caso de la Zona Metropolitana de Monterrey, realizado para el Programa ONU-Habitat.
- Castro, José, Karina Kloster y María Luisa Torregrosa (2004). "Ciudadanía y gobernabilidad en México: el caso de la conflictividad y la participación social en torno a la gestión del agua" en Blanca Jiménez y Luis Marín (eds). *El agua en México vista desde la Academia*. México, Academia Mexicana de Ciencias, pp. 339-370.
- CCA (2011). *Gestión del Agua en las Ciudades de México*. México, Consejo Consultivo del Agua.
- CONAGUA (2012b). *Atlas del agua en México 2012*. 142 pp.
- \_\_\_\_\_ (2012c). *Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Edición 2012*. 280 pp.
- Jiménez, Blanca (2013). *Case Study: The planned and unplanned reuse of Mexico City's wastewater*.
- Martínez-Austria P., Patiño-Gómez C. (Eds.) (2012). *Adaptación al Cambio Climático*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 123 pp.
- Palerm, J., T. Martínez Saldaña (Eds.) (2013). *Antología sobre Riego. Instituciones para la gestión del agua: vernáculas, alegales e informales*. México, Biblioteca Básica de Agricultura, Colegio de Postgraduados.
- Pineda et al., (2010). "Para dar de beber a las ciudades mexicanas: el reto de la gestión eficiente del agua ante el crecimiento urbano" en Blanca Jiménez, Torregrosa y Aboites (eds.). *El Agua en México: Cauces y Encauces*. pp. 117-140.
- Sandoval, Ricardo (2012). *Urban water management in Mexico*. Informe IANAS.



Managua, capital de Nicaragua. Plaza de la Revolución y Lago Managua vistos desde Loma de Tiscapa.  
Foto: ©iStock.com/M.Torres.

# Nicaragua

## Aguas Urbanas en Nicaragua

Katherine Vammen,<sup>1</sup> Selvia Flores,<sup>2</sup> Francisco Picado,<sup>3</sup>  
Iris Hurtado,<sup>4</sup> Mario Jiménez,<sup>5</sup> Gustavo Sequiera<sup>6</sup> y Yelba Flores<sup>7</sup>

La población total para Nicaragua ha sido reportada en 6 millones 71 mil habitantes para el año 2012, según el Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE), y muestra una tasa de crecimiento poblacional promedio de 1,2% por año. Diferentes fuentes estiman el porcentaje de la población urbana de 58 a 60% (INIDE, 2012; WHO y UNICEF, 2014; Ortuste, 2014). En la capital, Managua, habita 24% de la población nicaragüense y es la zona urbana más grande con una población de 1 millón 42 mil 12 personas (INIDE, proyección aplicando censo de 2005). Existen 25 ciudades con una población arriba de 20 mil habitantes en todo el país y se consideran áreas urbanas unas 215 ciudades y localidades. Aunque el proceso de urbanización no ha sido tan intenso como en otros países latinoamericanos, existen muchos retos para los centros urbanos debido a la concentración de la población en las ciudades, ya

que presentan una alta demanda para agua de consumo y consecuentemente se forman volúmenes más grandes de aguas residuales generados por actividades domésticas, industriales y agrícolas que necesitan tratamiento por sistemas.

Cómo se pueden solucionar los problemas de aguas urbanas, se ha resumido del capítulo completo de *Aguas urbanas de Nicaragua*, tomando en cuenta los análisis de los impactos de urbanización específicamente de las ciudades de Nicaragua, algunas conclusiones y recomendaciones, con el fin de facilitar un proceso orientado a enfrentar el manejo de agua urbana en Nicaragua.

En Nicaragua, aunque hay una alta disponibilidad de agua por habitante en las zonas urbanas, sus fuentes de aguas superficiales y subterráneas han sido expuestas a **impactos en la calidad de sus aguas, causados por**

1. Doctora en Bioquímica y Microbiología de Agua de la Universidad de Salzburgo, Austria; Co-Chair de la Red Interamericana de las Ciencias del Agua; Directora del Instituto Interdisciplinario de Ciencias Naturales, Universidad Centroamericana, Managua. [katherinevammen@yahoo.com.mx](mailto:katherinevammen@yahoo.com.mx)
2. Maestra en Gestión Ambiental y Recursos Naturales, Universidad Autónoma de Barcelona y Universidad Autónoma de Nicaragua; Directora del Centro para la Investigación en los Recursos Acuáticos de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. [selvia.flores@cira-unan.edu.ni](mailto:selvia.flores@cira-unan.edu.ni)
3. Doctor en Ciencias con énfasis en Ecología de la Universidad de Lund, Suecia; Investigador del Centro para la Investigación en los Recursos Acuáticos de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. [francisco.picado@cira-unan.edu.ni](mailto:francisco.picado@cira-unan.edu.ni)
4. Maestra en Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería con especialidad en Ingeniería Sanitaria; investigadora del Centro para la Investigación en los Recursos Acuáticos de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. [iris.hurtado@cira-unan.edu.ni](mailto:iris.hurtado@cira-unan.edu.ni)
5. Doctor en Medicina y Cirugía; Máster en Epidemiología de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua; consultor en Agua y Salud.
6. Doctor en Medicina y Cirugía de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua; PhD en Ciencias de Medicina con mención en Inmunología, Universidad de Friedrich-Schiller, Alemania; consultor en Agua y Salud.
7. Ingeniera de Minas y Geología del Instituto de Minas, St. Petersburg, Rusia; Maestra de la Maestría Centroamericana de Ciencias del Agua; Investigadora Hidrogeóloga del Centro para la Investigación en los Recursos Acuáticos de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. [yelba.flores@cira-unan.edu.ni](mailto:yelba.flores@cira-unan.edu.ni)

**diferentes factores de la urbanización** como son: la falta de manejo de desechos sólidos, contaminación por aguas residuales industriales y domésticas, intensificación de la agricultura acompañada a la deforestación en zonas de recarga para las aguas subterráneas que son fuentes del agua para las ciudades, falta de soluciones adecuadas de drenaje que provocan la entrada de grandes cantidades de sedimentos con las aguas pluviales a los cuerpos de agua superficial, urbanizaciones informales y formales que no cuentan con un adecuado tratamiento de aguas domésticas y derrames del sistema de gasolineras con consecuencias de contaminación en las aguas subterráneas. Debido a algunos de estos impactos en la calidad de agua, se han perdido dos cuerpos de agua superficial importantes de la ciudad de Managua: el Lago Xolotlán y el Lago Tiscapa, como posibles fuentes destinadas al agua de consumo para la ciudad de Managua.

Debido a programas de inversión destinada a **mejorar el acceso a agua potable**, Nicaragua ha logrado una cobertura de 98% en las zonas urbanas; existen aún problemas severos en la continuidad del servicio y, debido a la falta de mantenimiento a las redes de suministro, aún se encuentra pérdida del agua por fugas que pueden llegar a interrumpir el servicio o a bajar la eficiencia. La continuidad y falta de acceso se observa de manera más crítica en las zonas periféricas de las ciudades.

A pesar de los esfuerzos de inversión por mejorar la **cobertura de saneamiento**, Nicaragua no logró la meta de los ODM. Sin embargo, actualmente la mayoría de las ciudades está en un proceso de planificación y/o realizando programas de ampliación de su sistema de alcantarillado y mejoramiento o instalación de plantas del tratamiento. Se menciona que la empresa estatal, ENACAL, ha efectuado esfuerzos para alcanzar una mejor cobertura de saneamiento en la ciudad de Managua con la instalación de la planta de tratamiento de aguas servidas de Managua, donde se incrementó la cobertura del alcantarillado sanitario en algunos asentamientos humanos de la capital.

En el análisis de la situación de **salud de la población de Managua por las enfermedades transmitidas por el agua**, se ha observado una mejora en relación con la cantidad de casos de EDA, dengue y malaria en los últimos diez años, que se podría asociar con los esfuerzos realizados para el saneamiento de Managua en cuanto a la reducción del riesgo epidemiológico que implica

ba el Lago Xolotlán antes de la instalación de la Planta de Tratamiento, y el mayor acceso de la población a los servicios públicos de salud. En los últimos años han surgido nuevas enfermedades vectoriales transmitidas por aguas abastecidas en el domicilio o alrededor, como nuevos serotipos de dengue, chikunguña y zika. Sin embargo, mejorar la continuidad del acceso de agua podría reducir el riesgo aún más, ya que eliminaría la necesidad de almacenamiento de agua en formas que sirven como foco de transmisión para estas enfermedades vectoriales.

Las ciudades de Nicaragua presentan **vulnerabilidad a eventos extremos climatológicos**, debido al crecimiento desordenado, falta de modernización de las redes de abastecimiento y saneamiento, así como de infraestructuras de drenaje y otras en general. La falta de medidas de intervención en una adecuada gestión de cuencas hidrográficas ubicadas en zonas urbanas aumenta las áreas deforestadas, incentivando los efectos de las sequías y las inundaciones. Especialmente, las ciudades en el corredor seco del país necesitan mejorar el ordenamiento de las fuentes del agua y gestión de las cuencas hídricas de los alrededores para asegurar el abastecimiento que se proyecta será aún más severo con el progreso del cambio climático, lo que significaría aumentos de temperaturas y reducción en la tasa anual de precipitación. El riesgo de inundaciones en algunas ciudades de Nicaragua es grande debido a la alta tasa de deforestación en las últimas décadas. Las corrientes generadas por lluvias torrenciales y eventos huracanados escurren de manera rápida hacia las partes más bajas debido al deterioro de las cuencas.

Con base en los análisis de la problemática del agua en las ciudades de Nicaragua, se han resumido las recomendaciones más destacadas para buscar soluciones en la gestión de aguas urbanas:

- Establecer sistemas de drenaje en las zonas urbanas adaptadas a los eventos extremos de precipitaciones intensas, tomando en cuenta la sedimentación, aspectos geomorfológicos y topografía de las zonas urbanas. Es importante poner atención al manejo de uso de suelo, tomando en cuenta las propiedades especiales por microcuenca para prevenir la erosión que causa problemas en las ciudades y sus fuentes de agua.
- Avanzar más en los programas de inversión para alcanzar la continuidad en el acceso al agua y prevenir el aumento de fugas en el sistema. Por eso, es

necesario reforzar la sostenibilidad financiera y la capacidad de la ENACAL para garantizar el éxito de sus programas de inversión.

- Priorizar la inversión en alcantarillado en zonas urbanas paralelamente al mejoramiento o instalación de sistemas de tratamiento.
- La solución a las afectaciones por el cambio climático en las ciudades, tanto como sequía o inundación, requiere de estudios que detallen la base científica hidrológica, hidrogeológica y de suelos. De esta manera, los planes de ordenamiento territorial serían enfocados a la solución directa.
- Orientar los programas de urbanización a estimular la reforestación y protección de áreas de recarga para conservar los acuíferos que suministran agua a las ciudades.

## Bibliografía básica

Arguello, O. (2008). *Review and Update for the Potable Water and Sanitation Sector Strategy, 2008-2015, Nicaragua / final report*. Managua, July 2008.

ENACAL (2008). The Nicaraguan Water and Sanitary Sewer Company. Management, December 2008.

Montenegro, S. (1991). Limnological Perspective of Lake Xolotlán (Lake Managua), Nicaragua. *Hydrological Bulletin Journal of the Netherlands Hydrobiological Society*, Vol. 25(2), 101180.

The Mayor's Office of Managua (2010). Environmental Programs Management of the South Watershed. Managua.

The Ministry of Health (2011). Management Report on Health 2011. Managua.

Vammen, K. y Hurtado, I. (2010). *Climate Change and Water Resources in Nicaragua*. Managua: CEPAL. [http://coin.fao.org/coin-static/cms/media/5/12820625348650/fao\\_nic\\_recursohidricos\\_cepai.pdf](http://coin.fao.org/coin-static/cms/media/5/12820625348650/fao_nic_recursohidricos_cepai.pdf)



Balboa Avenue, una de las principales arterias de la ciudad de Panamá. Foto: ©iStock.com/ NTCO.

# Panamá

## Aguas Urbanas en Panamá

José R. Fábrega D.,<sup>1</sup> Miroslava Morán M.,<sup>2</sup> Elsa L. Flores H.,<sup>3</sup>  
Icela I. Márquez de Rojas,<sup>4</sup> Argentina Ying,<sup>5</sup>  
Casilda Saavedra,<sup>6</sup> Berta Olmedo<sup>7</sup> y Pilar López<sup>8</sup>

**Importancia.** Panamá es un país con abundantes recursos hídricos, con un sistema hidrográfico compuesto por 500 ríos. Igualmente, según el censo de 2010, 66% de la población vive en áreas urbanas (poblados > 1500). Este porcentaje se espera siga incrementándose, de allí la importancia que tiene para el país la buena gestión y manejo de las aguas urbanas.

**Fuentes de agua.** En las áreas urbanas, el Instituto Nacional de Acueductos y Alcantarillados Nacionales (IDAAN) maneja 53 potabilizadoras y 124 sistemas de acueductos. De estas potabilizadoras, 52 toman agua de fuentes superficiales (embalses y ríos). Esta situa-

ción se suma al hecho de que los tres municipios con mayor actividad económica y que concentran más de 62% de la población urbana del país tienen su fuente de agua en los lagos Alhajuela y Gatún dentro de la Cuenca del Canal de Panamá. Por ejemplo, solo la potabilizadora de Chilibre, con una capacidad de 250 MGD y que abastece buena parte de la ciudad de Panamá, toma su agua del Lago Alhajuela. Lo anterior, aunado a los planes a corto plazo de construir más potabilizadoras con tomas dentro de la Cuenca, hace necesario recalcar dos cosas: primero, lo poco que son empleadas fuentes alternas al agua superficial (por ejemplo, aguas

1. Ingeniero Civil y Doctor en Ingeniería Civil con especialización en Ing. Ambiental; Director del Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas, Universidad Tecnológica de Panamá. [jose.fabrega@utp.ac.pa](mailto:jose.fabrega@utp.ac.pa)
2. Ingeniera Ambiental, Magister en Manejo y Conservación de Bosques Tropicales y Biodiversidad; Maestra en Educación Ambiental; Consejo Nacional del Agua. [mmoran@conagua.gob.pa](mailto:mmoran@conagua.gob.pa)
3. Ingeniera Civil y Licenciada en Derecho, Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas, Universidad Tecnológica de Panamá. [elsa.flores@utp.ac.pa](mailto:elsa.flores@utp.ac.pa)
4. Ingeniera Civil y Magister en Ciencias básicas de la Ingeniería; Profesora titular regular del Centro Regional de Cocle, Universidad Tecnológica de Panamá. [icela.marquez@utp.ac.pa](mailto:icela.marquez@utp.ac.pa)
5. Licenciada en Biología y Magister en Entomología Médica, Facultad de Medicina, Universidad de Panamá (UP). [yingargentina@gmail.com.pa](mailto:yingargentina@gmail.com.pa)
6. Ingeniera Civil y Dra. en Ciencias Ambientales; Profesora titular regular de la Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Tecnológica de Panamá (UTP). [casilda.saavedra@utp.ac.pa](mailto:casilda.saavedra@utp.ac.pa)
7. Licenciada en Estadística y Técnica en Meteorología, Gerencia de Hidrometeorología, Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A. (ETESA).
8. Técnica en Meteorología, Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A. (ETESA).

subterráneas) para el abastecimiento de las comunidades urbanas y, segundo, la presión que sobre el recurso hídrico necesario para el funcionamiento del Canal empieza a ejercer el crecimiento urbano.

**Acceso al agua potable.** Aun cuando el último censo de población (2010) indicaba que en promedio más de 90% de la población tiene acceso a agua potable, existen zonas marginadas en el país (especialmente comarcas de pueblos originarios) en donde esta cifra puede ser tan baja como 28%. También existen zonas en donde el suministro de agua es inconsistente. De lo anterior se desprende que mejorar las desigualdades de acceso existentes, reducir la inconsistencia del suministro de agua en algunas zonas y proveer al IDAAN con los recursos necesarios para mantener la infraestructura existente, son acciones prioritarias.

**Tratamiento de aguas servidas.** Para el caso del manejo de las aguas residuales, en los últimos años se ha visto un progreso enorme tanto en materia de legislación como en lo que a aspectos operacionales se refiere. Según indicadores del Banco Mundial, para 2012, 80% de la población contaba con acceso a facilidades mejoradas de saneamiento. En cuanto al tratamiento de aguas residuales es importante destacar el compromiso estatal, honrado por sucesivos gobiernos en el país, relativo a la ejecución del “Proyecto de Saneamiento de la Ciudad y la Bahía de Panamá”, iniciado en 2006 como el camino necesario para recuperar las condiciones sanitarias y ambientales del área metropolitana y la eliminación de contaminación por aguas residuales no tratadas en los ríos urbanos y en las zonas costeras de la Bahía de Panamá. Este proyecto incluye una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), la cual, una vez concluidas sus tres fases, debe coleccionar aproximadamente 70% de las aguas servidas de la Ciudad de Panamá. Es preocupante, sin embargo, que esta in-

versión no sea acompañada por el mejoramiento de la capacidad administrativa y operativa del IDAAN –tanto en recursos humanos como en recursos financieros– requerida para darle sostenibilidad a este proyecto.

**Agua y salud.** La persistencia del dengue en el área urbana es el principal problema de salud pública asociado a enfermedades transmitidas por vectores que se desarrollan en agua. Cabe resaltar, igualmente, la atención que debe prestarse a microorganismos como *Cryptosporidium* spp. y *Giardia* spp. Estudios aislados, realizados al agua cruda utilizada por plantas potabilizadoras en algunos centros urbanos del país, han mostrado la existencia de quistes de *Giardia* spp. y ooquistes de *Cryptosporidium* spp. en la estación seca. Asimismo, estudios realizados en la ciudad de La Chorrera (40 Km al oeste de la Ciudad de Panamá) parecen indicar una prevalencia relativamente alta de *Cryptosporidium* spp. y *Giardia* spp. en niños. De lo anterior, se desprende la necesidad de un incremento en la vigilancia relativa a la presencia de estos parásitos protozoarios, para prevenir un posible brote de enfermedades relacionadas con los mismos.

**Efecto del cambio climático.** La relación de las aguas urbanas con el cambio climático adquiere cada día una mayor relevancia. Diversos estudios y análisis apuntan a un incremento en la frecuencia de eventos extremos y de la vulnerabilidad de zonas urbanas, lo cual se refleja no solo por el aumento en el número de inundaciones, sino también por el número de personas afectadas por estos eventos. De allí la importancia de explorar alternativas encaminadas a aumentar la resiliencia urbana ante el cambio climático. Estas acciones deben incluir, además de soluciones estructurales, un aumento en el grado de sensibilización de la población acerca del papel que cada individuo desempeña en la respuesta al problema.

## Bibliografía básica

- Aguilar et. al. (2005). *Changes in precipitation and temperature extremes in Central America and Northern Couth America, 1961-2003*.
- Álvarez, D., Pineda, V., Mendoza Y.; Santamaría A.; Pascale J.M.; Calzada, J., Saldaña, A. (2010). *Identificación y caracterización molecular de las especies Cryptosporidium sp circulantes en niños menores de cinco años de diversas regiones de Panamá*. Tesis de grado de Maestría en Ciencias Biomédicas con Especialización en Parasitología. Facultad de Medicina, Universidad de Panamá. Contraloría General de la República (2010). Censo Nacional de Población y Vivienda.
- Foro Centroamericano y República Dominicana de Agua Potable y Saneamiento (FOCARD-APS) (2013). "Situación actual y perspectivas". En: *Gestión de las Excretas y Aguas Residuales*. Panamá. 32 pp.
- Garlatti, Adrián (2013). *Climate Change and Extreme Weather Events in Latin America*. An Exposure Index.
- Herrera R, J.M.; Sánchez, C.O. (2005). *Análisis de la calidad microbiológica del agua potable proveniente de las redes de distribución del área Metropolitana y La Chorrera*. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Escuela de Biología, Universidad de Panamá.
- Instituto de Acueducto y Alcantarillados Nacionales (IDAAN). Boletín Estadístico No. 26. 2010-2012
- IPCC (2014). Summary for policymakers. In: Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, and New, York, NY, USA. pp. 1-32.
- Ministerio de Salud (Abril de 2014). Monitoreo de los avances de país en agua potable y saneamiento. Dirección del Subsector de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario.
- Newman, Peter, Beatley, Timothy, Boyer, Heather (2009). *Resilient Cities: Responding to Peak Oil and Climate Change*. Island Press. 184 pp.
- Olmedo, Berta y López, Pilar (Julio de 2014). Comportamiento de algunos aspectos del Clima en Panamá. En: *Informe GEO 2014*. Gerencia de Hidrometeorología, ETESA.
- <http://data.worldbank.org/indicator/SH.STA.ACSN.UR>. Consultado el 31/7/2014.
- <http://www.saneamientodepanama.com/planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales>



La Plaza de Armas o Plaza Mayor en el Centro Histórico de Lima. Foto: ©iStock.com/Holger Mette.

# Perú

## El Agua Urbana en el Perú

**Nicole Bernex Weiss,<sup>1</sup> Víctor Carlotto Caillaux,<sup>2</sup>  
César Cabezas Sánchez,<sup>3</sup> Ruth Shady Solís,<sup>4</sup> Fernando Roca Alcázar,<sup>5</sup>  
Mathieu Durand,<sup>6</sup> Eduardo Ismodes Cascón<sup>7</sup> y Julio Kuroiwa Zevallos<sup>8</sup>**

El Perú es el 20° país más extenso y el 42° más poblado del planeta, con 1'285,216km<sup>2</sup> y 31'488,625 habitantes (2015). Antiguamente, aun si el país era mucho más vasto, los peruanos dominaron una serie de técnicas de manejo y cuidado del agua como las “chacras hundidas”, la desecación y el drenaje, regadío mediante canales administrados por cuenca, la construcción de andenes, “las amunas” y la “siembra de agua”, que les

permitió garantizar el abasto a sus ciudades y siembras.

Hoy día, 77% de la población está considerada como urbana por el Instituto Nacional de Estadísticas e Informática-INEI. La ciudad metropolitana de Lima-Callao abarca 40.18% de la población urbana y 30.88% de la población total del país. De las 46 ciudades de 50,000 habitantes y más en 2015, dos (Arequipa y Trujillo) bordean el millón de habitantes y 12 tienen entre 200,000 y 650,000 habitantes. De ahí que, aun si el Perú es uno de los países más ricos en recursos hídricos al poseer 4.6% del agua superficial del planeta y tener una disponibilidad hídrica de 64,376.54 m<sup>3</sup>/hab./año, el país debe enfrentar el difícil reto de una gestión eficiente, equitativa y sostenible de las aguas urbanas.

Siete de las 14 ciudades de más de 200,000 habitantes (incluida Lima Metropolitana) se ubican en la costa, concentrando una población de 12'263,834 habitantes, o sea, más de 50% de la población urbana nacional en la región más árida y de menor disponibilidad de agua.

Las asimetrías de poblamiento se acompañan de asimetrías inversas de disponibilidad de agua. Junto con la insuficiente gestión de la calidad del agua, la creciente vulnerabilidad de las ciudades ante los riesgos de desastres y la escasa gobernanza hídrica, contribuyen a reforzar la insostenibilidad urbana de las ciudades. En la actualidad, Lima Metropolitana cuenta con cerca de 11% de su población sin acceso al agua y 16% sin acceso al saneamiento. El consumo promedio oscila diariamente entre 229 y 250 litros por persona, llegando a 450 litros /día/persona en los barrios más privilegiados y alcanzando apenas 30 litros/día/persona en las periferias más pobres. La potabilización del agua es muy costosa por la alta carga de contaminantes del Río Rimac. Solamente desde 2014, la Planta de Tratamiento

1. Dr. en Geografía; Profesor principal de la Pontificia Universidad Católica del Perú; miembro de número de la Academia Nacional de Ciencias; Punto Focal Nacional del Programa de Aguas de IANAS. [nicole.bernex@gmail.com](mailto:nicole.bernex@gmail.com)
2. Dr. en Geología; Profesor principal de la Universidad San Antonio Abad del Cusco; miembro de número de la Academia Nacional de Ciencias.
3. Médico especializado en enfermedades infecciosas y tropicales; miembro asociado de la Academia Nacional de Medicina.
4. Dr. en Arqueología; Profesor principal de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos; Miembro de número de la Academia Nacional de Ciencias; Punto Focal Nacional del Programa Women for Science de IANAS.
5. Dr. en Antropología Social; Profesor principal de la Pontificia Universidad Católica del Perú; miembro de número de la Academia Nacional de Ciencias.
6. Dr. en Geografía; profesor de la Universidad de Maine (France).
7. Ing. Mecánico y Dr. en Historia de América Latina; Profesor principal de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
8. Ing. Civil y Dr. en Filosofía; Profesor principal de la Universidad Nacional de Ingeniería.

to de las Aguas Residuales (PTAR) Taboada y la PTAR La Chira tratan 100% de las aguas residuales (83% tratamiento primario y 17% secundario).

La cobertura de agua es mayor en las ciudades costeras, donde se concentra la mayor población. La Región Metropolitana Lima-Callao (RMLC) tiene la cobertura más alta y las menores se dan en algunas zonas de la Sierra y la Selva, pudiéndose destacar brechas importantes entre poblaciones rurales y urbanas. Asimismo, la impresionante disponibilidad de agua de la cuenca amazónica no asegura la accesibilidad del agua para su población, ni su potabilización y tratamiento.

Es indudable el papel que juega la disponibilidad de agua potable y la gestión de las aguas servidas en el bienestar de las personas. El INEI en 2009 halló que la tasa de mortalidad infantil es 38% mayor en hogares sin servicios de agua potable de la red pública y 53% sin servicios adecuados de disposición de las aguas servidas.

En otras ciudades como el Cusco, existe un grave deterioro del recurso agua. Su principal fuente de agua, el río Huatanay (dependiente de alimentación subterránea), en los últimos años se ha afectado considerablemente debido al aumento de la carga contaminante que en él se dispone, hecho que convierte sus aguas en no aptas para cualquier uso (Bernex *et al.*, 2005). El 98,19% de la población del Valle Sur cuenta con un sistema de abastecimiento de agua; de este total solo 17,01% tiene agua potable, 82,99% agua entubada y 1,81% no tiene servicio.

La empresa encargada del abastecimiento de agua en la ciudad del Cusco es SEDACUSCO, S.A., y en febrero de 2014, con una inversión total de 102 millones de soles, inauguró una moderna Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), que tratará 80% de los residuos que produce la Ciudad Imperial y la provincia del Cusco, beneficiando a 330 mil usuarios. La obra garantizará el riego limpio de productos de panllevar y otros.

Esta ciudad es altamente vulnerable al cambio climático, algo que fue puesto de relieve cuando en febrero de 2010 tuvo pérdidas por 680 millones de soles y se afectaron más de 35 mil cusqueños por lluvias intensas. Aquí los procesos de geodinámica externa, aunadas a la explosión urbana, determinan una ciudad en riesgo, donde resaltan las inundaciones, los deslizamientos y los aluviones.

Iquitos, capital de la Amazonía peruana, ubicada en la margen izquierda del Río Itaya (afluente del río

Amazonas, tiene un promedio anual de precipitación superior a 2000 mm/año y el agua para consumo humano es captada en el Río Nanay, un tributario del Río Amazonas.

La EPS local es SEDALORETO, S.A, y el barrio de Belén se encuentra en la margen izquierda del Río Itaya, donde recibe el vertido del desagüe doméstico de cada vivienda sin tratamiento. El déficit de saneamiento para una población de 41 mil 392 habitantes fue de 73,8% en el área urbana durante el año 2007 (INEI, 2010).

Tampoco Iquitos escapa al impacto de la variabilidad y cambio climático, siendo muy vulnerable ante las intensas lluvias y consecuentes inundaciones fluviales, como ocurrió el 5 de abril de 2012, al superar el Río Amazonas en 4 cm su máximo histórico y llegar a 118,62 msnm. Los daños ocasionados por las excepcionales precipitaciones y por las consecuentes inundaciones fueron cuantiosos, incrementándose los casos de infecciones respiratorias agudas, enfermedades diarreicas agudas, síndrome febril, parasitosis, leptospirosis y malaria, continuándose en el periodo de descenso de las aguas. Hasta la semana epidemiológica 36 se notificaron cinco fallecidos y 18 mil 206 casos.

De igual forma, el calentamiento global acelera los procesos de derretimiento de los glaciares, que como en el caso de la ciudad de Urubamba, con 10 mil 741 habitantes (2014), al pie del nevado del Chicón, con fuerte retroceso glaciar –desde al menos 1963–, presenta desprendimiento de bloques de hielo que al caer a las lagunas cercanas, producen desbordes y provocan aluviones, por lo que debe considerarse una situación en que un sismo de gran magnitud genere el desprendimiento de una gran masa de hielo que pueda producir un aluvión mayor, ocasionando un grave desastre humano.

Ante esta situación es claro que, si bien el marco institucional del sector está establecido de forma adecuada, pues logra diferenciar claramente las funciones rectoras de fijación de políticas de aquellas reguladoras y de las de prestación de servicios, no ha resuelto los problemas de débil coordinación entre los diferentes entes del nivel central, y entre éstos y los de otros niveles de gobierno, así como algunos vacíos (Marmanillo, 2006).

La gestión convencional del recurso hídrico en zonas urbanas no ha tenido la capacidad para enfrentar los retos clave de la RMLC y de las ciudades grandes, medianas y pequeñas. En general, la gestión del suministro de agua, del saneamiento y de las aguas pluviales no se

ha realizado de manera concertada, ni planificada. Los planes de ordenamiento y desarrollo urbano no han logrado manejar los diversos componentes infraestructurales de la gestión de las aguas urbanas (suministro de agua, aguas residuales, saneamiento seco, sistemas de drenaje del agua pluvial y tratamiento de desechos sólidos) (Tucci, 2010).

De ahí, y a partir de la comprensión del ciclo hidrológico urbano, es necesario desarrollar una Gestión Integrada de las Aguas Urbanas (GIAU) que considera todas las diferentes fuentes de agua que se hallan dentro de una zona de captación urbana (aguas superficiales, subterráneas, pluviales, desalinizadas, de tormentas, transferidas, aguas virtuales), además de la calidad de las diferentes fuentes de agua (incluida el agua de reúso) e intentar asignarla de acuerdo a la calidad requerida para diferentes necesidades. Asimismo, como lo señala la Global Water Partnership (GWP), es esencial ver el proceso de almacenaje, distribución, tratamiento, reciclaje y vertido del agua como parte de un ciclo, en vez de considerarlo como actividades separadas y planear la infraestructura de acuerdo con esta visión; también, hacer planes para proteger, conservar y usar los recursos hídricos en su fuente, velar sobre una participación y gobernabilidad responsable para consolidar la sostenibilidad y la seguridad hídrica. La GIAU se ha convertido en un punto impostergable de la agenda política. Exige un fortalecimiento de la institucionalidad, continuidad en los procesos, visión transectorial y transdisciplinaria, así como recursos humanos formados y participación responsable.

En este sentido, debe implementarse un proceso de cultura del agua en las escuelas, colegios y universidades, siendo estos centros de estudios lugares demostrativos donde se aprende no solamente cómo se debe usar, reusar y reciclar el agua, así como los beneficios que eso significa para la comunidad. Finalmente, todas las ciudades, donde crecen las periferias de pobreza y se acentúan las brechas entre los que acceden a los servicios y los que carecen de ellos, las que prosperan a espaldas de sus ecosistemas y de sus campos y áreas naturales, necesitan urgentemente sensibilizar a sus habitantes a una nueva cultura del agua, lo que requiere construir una nueva base ética fundada en un cambio de escala de valores, integrando el valor del otro, de todos los otros, el valor de lo otro, de los ecosistemas, el valor de la vida por ser la cultura del agua cultura de la vida.

## Bibliografía básica

- ANA (2013). Plan Nacional de Recursos Hídricos del Perú. Executive summary. Autoridad Nacional del Agua, Lima.
- Bernex, Nicole (Editora y co-autora) (2005). *Amanecer en el Bajo Huaytanay*. Centro Guamán Poma de Ayala, Cusco.
- Carlotto, Víctor, José Cárdenas y Eliana Ricalde (2010). El nuevo Mapa de Peligros Geológicos del Valle del Río Huatanay y la ciudad del Cusco: Instrumento para el Plan de Ordenamiento Territorial. XV Congreso Peruano de Geología. Vol. Resúmenes Extendidos, pp. 983–986. CD
- Durand, Mathieu (2010). *Gestion des déchets et inégalités environnementales et écologiques à Lima. Entre vulnérabilité et durabilité*. Thèse de Doctorat en Géographie et Aménagement de l'espace. Université Européenne de Bretagne. Université de Rennes 2.
- Ismodes, Eduardo (2013). *Temas en busca de cooperación*. SEDAPAL.
- Marmanillo, Iris (2006). "Agua potable y Saneamiento" en *Banco Mundial. Perú la oportunidad de un país diferente*. Recuperado de: [http://siteresources.worldbank.org/INTPERUINSPANISH/Resources/Cap.14.\\_Agua\\_Potable\\_y\\_Saneamiento.pdf](http://siteresources.worldbank.org/INTPERUINSPANISH/Resources/Cap.14._Agua_Potable_y_Saneamiento.pdf)
- Moscoso C., J.C. (2011). *Estudio de opciones de tratamiento y reúso de aguas residuales en Lima Metropolitana*. University of Stuttgart, LiWa. Lima
- OPS/OMS (2013). Inundaciones en Loreto. Perú 2012. Respuesta del Sector Agua, Saneamiento e Higiene—Experiencias y aprendizajes. Lima
- Sadoff, Claudia y M. Muller (2010). *La gestión del agua, la seguridad hídrica y la adaptación al cambio climático: efectos anticipados y respuestas esenciales*. Global Water Partnership.
- SEDAPAL (2009). *Las tendencias del recurso hídrico y la demanda de Lima y Callao*. Lima, SEDAPAL. 36 pp.
- SUNASS (2013). Las EPS y su desarrollo 2013. Report N° 172-2013/SUNASS-120-F. June 25, 2013.



Palomas volando sobre la plaza principal y la estatua de Cristóbal Colón en la primera ciudad de las Américas, Santo Domingo, capital de República Dominicana. Foto: ©iStock.com/3dan3.

# República Dominicana

## Aguas Urbanas en la República Dominicana

Eleuterio Martínez<sup>1</sup> y Juan Ramón Valenzuela<sup>2</sup>

Santo Domingo, la más antigua de las capitales de las Américas y la más grande del Caribe, actualmente experimenta la metamorfosis urbanística más grande de su historia a causa de un inusitado crecimiento vertical y un exponencial crecimiento espontáneo en su periferia; cuya presión sobre las instalaciones de agua potable y la deposición de aguas servidas, está creando una crisis sin precedentes en estos servicios.

De los 10.27 millones de habitantes de República Dominicana (2018), 82.18% es población urbana y 18.6% habita zonas rurales. El Gran Santo Domingo concentra 3,5 millones de personas que representan 42% de la población urbana y 31% de la población global, mientras que en Santiago de los Caballeros, segundo asentamiento humano dominicano, reside 8% de la población total del país. Ambas concentran 50% de la población urbana del país.

La República Dominicana tiene una precipitación promedio anual de 1,500 milímetros, un poquito inferior a la de América del Sur (1,560 mm/a) y muy superior a la media mundial (970 mm/a), lo cual implica un ingreso de 73 km<sup>3</sup> de agua al territorio nacional anualmente, de los cuales se evaporan 47 km<sup>3</sup>, mientras 2.5 km<sup>3</sup> van a la napa freática, para una disponibilidad de 23.5 km<sup>3</sup> de escorrentías. De esta manera, la oferta hídrica global es de 2,676 m<sup>3</sup> por persona por año.

Los sistemas de suministro de agua potable para el principal núcleo humano del país aportan diariamente al Distrito Nacional y a la provincia de Santo Domingo un caudal aproximado de entre 18.0 y 22.0 m<sup>3</sup>/s, para abastecer una población que supera los 3,5 millones de habitantes, la cual desperdicia entre 54 y 60%, incluyendo las fugas por la obsolescencia en líneas de la red de distribución.

El volumen de agua realmente utilizada en esta metrópoli varía entre 9.0 y 12.0 millones de m<sup>3</sup> diarios. Todo ello indica que, si Santo Domingo tuviese una política permanente de educación ciudadana orientada al ahorro y al uso responsable de sus aguas, asociado a un programa efectivo de corrección de fugas, no se podría estar hablando de escasez, como ocurre en la actualidad, aun en los peores escenarios.

La República Dominicana ha cumplido con la etapa representada por los Objetivos del Milenio (2000-2015), alcanzando la meta sobre acceso a agua potable y saneamiento. En 2015 alrededor de 93% de la población utilizaba fuentes mejoradas de agua potable y 82% disponía de servicio mejorado de saneamiento.

1. Ingeniero Forestal con Especialidad en Ecología y Medio Ambiente; Vicepresidente de la Academia de Ciencias de la República Dominicana; Catedrático de la Universidad Autónoma de Santo Domingo; Punto Focal IANAS.  
[eleuterioporlaveda@gmail.com](mailto:eleuterioporlaveda@gmail.com)
2. Ingeniero Civil y Sanitario; ex-Subdirector de Operaciones de la Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo; Director Escuela Ingeniería de la Universidad Nacional O&M; miembro del Comité de Aguas de la Academia de Ciencias de la República Dominicana.  
[jrvalenzuela515@hotmail.com](mailto:jrvalenzuela515@hotmail.com)

La infraestructura básica del sector cuenta con 399 sistemas de agua potable, 314 a cargo del INAPA y 85 de las CORAAS. De igual manera, existen 56 sistemas de alcantarillado sanitario, de los cuales 25 son del INAPA y 31 de las CORAAS. INAPA tiene mayor participación en la provisión de servicios a la población rural, mientras que la participación de las CORAAS en el servicio a la población urbana es mucho mayor, sobre todo por el peso del área de influencia de la CAASD.

Los sistemas de agua potable de INAPA benefician a 1,111 comunidades (814 rurales y 297 urbanas), de cuyos sistemas 63% es impulsado por bombeo, 30% por gravedad y 7% mixto, mientras que la CAASD informa que actualmente solo 5% de la población capitalina cuenta con servicios de tratamiento de aguas residuales; alrededor de 18% de las calles –unos 726 km– posee redes de los 4,279 km de calles existentes. Para el resto del país, la situación es la siguiente: apenas 21% de la población tiene redes de aguas residuales, 160 mil hogares no tienen disposición de excretas y de 56 plantas de tratamiento que existen, solo 14 funcionan en las 393 ciudades.

De cara a la Agenda 2030 de las Naciones Unidas sobre los Objetivos del Desarrollo Sostenible, la República Dominicana centrará su atención en los impactos en ciernes de los cambios globales del clima sobre el país y, en particular, los principales asentamientos humanos.

Para el caso particular de la ciudad de Santo Domingo, la CAASD ha elaborado el Plan Maestro para el tratamiento de las aguas servidas. El 12 de abril de 2016, el presidente Danilo Medina inauguró los trabajos de la Estación Depuradora de Aguas Residuales del Río Ozama, Mirador Norte-La Zurza, que beneficiará a más de 450 mil residentes de los sectores ubicados en la zona norte del Distrito Nacional y sectores del municipio Santo Domingo Norte. Está previsto que comience a operar en abril de 2018 y opere plenamente a partir de octubre de este mismo año. Allí se tratarán las aguas de 54 industrias que vierten directamente al Río Isabela, principal foco de contaminación de la capital dominicana.

Esta planta tratará 1.2 m<sup>3</sup>/s de aguas residuales de sectores como Cristo Rey, La Zurza, 24 de Abril, Simón Bolívar, Ensanche La Fe, Villa Juana, Villa Agrícolas, Villa Consuelo, Los Guaricanos, Sabana Perdida y Villa Mella. De igual manera se trabaja en el saneamiento de unas 80 cañadas y la construcción de 13 sistemas de tratamiento de aguas residuales en el Gran Santo Domingo.

El Plan contempla, además, la rehabilitación de 218 km de redes, la expansión de 3,340 km de redes secundarias y terciarias y 535,700 conexiones domiciliarias, la instalación de 306 km de redes principales, troncales e interceptores sanitarios, la instalación de 34 Estaciones de Bombeo, la rehabilitación de 12 Plantas de Tratamiento, la construcción de siete nuevas plantas de tratamiento y la instalación de cuatro emisarios submarinos más.

En cuanto al suministro, las Corporaciones de Agua Potable y Alcantarillado cubren 16% del territorio nacional, pero le brindan servicio a 54% de la población dominicana.

La CAASD y CORAASAN, que sirven a Santo Domingo y Santiago respectivamente, abastecen a 45% de la población nacional y mueven 39% del caudal total producido; mientras las otras cinco CORAS (CORAABO, CORAAMOCA, COAAROM, CORAAPLATA y CORAAVEGA) abastecen 14% de la población dominicana, con 11% del caudal nacional de agua potable.

En el resto del país, INAPA cubre 25 de las 32 provincias que tiene la República Dominicana (80%), incluyendo las áreas rurales y otras comunidades de otros operadores no regulados (acueductos comunitarios). Sus dominios en términos superficiales alcanzan 84% del territorio nacional y abastecen 41% de la población nacional, 26% concentrada en zonas urbanas y 15% en zonas rurales, mediante 116 acueductos o sistemas de suministro de agua potable urbanos y 252 rurales.

La capital dominicana, con casi la mitad de la población citadina del país, está asentada sobre terrazas marinas escalonadas que facilitan el drenaje de las aguas domiciliarias, industriales y pluviales por gravedad; sin embargo, la insuficiente y obsoleta infraestructura del alcantarillado está llevando la contaminación hídrica a niveles sumamente críticos.

Todos los años, durante la temporada ciclónica (junio-noviembre), los sistemas de drenaje colapsan y las inundaciones afectan la ciudad, exponiendo la población a múltiples enfermedades y epidemias, indicando que el desafío sigue en pie y enfrentarlo requiere de ingenio, recursos y, sobre todo, de una adecuada planificación.

Finalmente se debe señalar que la República Dominicana está a la espera de la aprobación y promulgación de dos leyes que llevan 17 años en las cámaras legislativas: la Ley Sectorial de Agua y la Ley de Agua Potable y Saneamiento.

## Bibliografía básica

Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo (2017). Documentación del Departamento de Operaciones de la CAASD Relacionada con sus Actividades de Suministro y Manejo de Calidad de Aguas.

Instituto Nacional de Aguas Potables y Alcantarillado (2017). Documentación de los Servicios de INAPA a Nivel Nacional y la Mesa de Coordinación de las Corporaciones de Agua Potable y Alcantarillado.

INAPA/BANCO MUNDIAL (2016). Mapas -RD. Monitoreo de los Avances del País en Agua Potable y Saneamiento II.

Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo (2017). *Mesa del Agua*. Documento Síntesis Informe País para el 8º Foro Mundial del Agua.



Panorámica de Montevideo desde la orilla del Río de la Plata. Foto: ©iStock.com/lucop.

# Uruguay

## Aguas Urbanas en Uruguay: Avances y desafíos hacia una gestión integrada

Adriana Piperno<sup>1</sup>

En el contexto de América del Sur, Uruguay es un país pequeño con una densa red hídrica, homogéneamente distribuida y un promedio de precipitaciones entre 1.100 y 1.400 mm anuales, sin estacionalidad definida. La población urbana alcanza 95% de la población total (3.390.077 habitantes; INE, 2011), concentrándose más de la mitad en el área metropolitana de Montevideo, su capital. Presenta un bajo crecimiento poblacional (INE, 2011) y una transición urbana consolidada.

En Uruguay se están promoviendo cambios, desde visiones sectoriales a visiones más integradoras, lo cual se traduce en un proceso no lineal de transformaciones multiactorales y dinámicas, con grandes potencialidades y no exento de dificultades. En particular, el marco regulatorio del país avanza hacia una integración del agua, el ambiente y el territorio, aunque la regulación e implementación del mismo es aún parcial.

Uruguay está próximo a la universalización en el acceso al **agua potable** por medio de su único operador público: la OSE. El abastecimiento de agua potable a la

población es la primera prioridad del uso de las cuencas; sin embargo, la intensificación de los usos agropecuarios está afectando la calidad de las fuentes. Esta problemática ha despertado acciones donde la participación social es un aspecto destacable (Comisiones de Cuenca del Río Santa Lucía, de Laguna del Sauce y Laguna del Cisne como las prioritarias).

Por su parte, si bien la cobertura de **saneamiento básico** es alta (94%), 40% corresponde a sistemas estáticos con importantes carencias de gestión. Los desafíos para el saneamiento radican en el desarrollo de instrumentos legales y capacidades institucionales que garanticen sistemas de saneamiento seguros, contemplando la capacidad económica de la población, para asegurar su sostenibilidad. En particular, con respecto a los sistemas colectivos, los desafíos se focalizan en aumentar la cobertura, el tratamiento de aguas residuales y las conexiones domiciliarias, así como indagar en sistemas no convencionales que permitan dar servicio a zonas de difícil acceso. Por lo que respecta a los sistemas estáticos, se deben explorar nuevas tecnologías y modalidades de gestión.

En cuanto a la gestión de las **aguas pluviales**, los problemas de drenaje pluvial afectan tanto a capitales departamentales como a pequeñas localidades. Los desafíos aquí identificados apuntan a desarrollar las capacidades, la planificación y en la incorporación de tecnologías más sustentables.

Las zonas carentes de servicios de agua potable, saneamiento o drenaje pluvial de calidad, corresponden en general a sectores de bajos recursos, con población

1. Arquitecta; Profesora investigadora del Instituto de Teoría y Urbanismo, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo; corresponsable del Núcleo Interdisciplinario Aguas Urbanas proyecto y gestión del Espacio Interdisciplinario, UdelaR; asesora de la Dirección de Aguas en materia de Inundaciones y Drenaje Urbano. [apiperno@fadu.edu.uy](mailto:apiperno@fadu.edu.uy)

vulnerable y asentada muchas veces en zonas de alto riesgo (zonas fuera de ordenamiento).

Las ciudades con problemas de **inundaciones** se distribuyen homogéneamente en el país –siendo este el principal factor de activación del Sistema Nacional de Emergencias (SINAE)– y son uno de los focos de interés del Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático (SNRCC). Entre las razones que explican esta problemática se encuentran, por un lado, los agentes hidroclimáticos (incluyendo el aumento de la frecuencia de los eventos extremos) y, por otro, aspectos de construcción social de las amenazas y la vulnerabilidad, lo que torna compleja la búsqueda de soluciones de fondo. El desafío se encuentra actualmente en la incorporación de medidas de gestión del riesgo y de adaptación al cambio climático a las políticas públicas, en particular, la incorporación de los mapas de riesgo a los planes locales, la revalorización de las riberas de los ríos y la mejora en los sistemas de monitoreo y alerta.

Uno de los problemas observados es la necesidad de superar los enfoques unisectoriales (basados fundamentalmente en el paradigma de comando y control) hacia los integrales, con capacidad real de promover esquemas adaptativos, e incorporando mecanismos de monitoreo y aprendizaje efectivos para comprender las causas de los aciertos y los errores de las decisiones y planificaciones ya consumadas.

En el actual esquema de gobernanza, la creación reciente de ámbitos transversales como los Consejos Regionales y Comisiones de Cuenca, el Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático, el SINAE y el Comité de Ordenamiento Territorial, entre otros, son espacios para considerar y fortalecer.

Por otra parte, la **información y monitoreo** para la gestión en entornos de incertidumbre se presenta dispar en los distintos subsectores y es insuficiente para una correcta gestión de la problemática urbana. Por otro lado, existe frecuentemente falta de coordinación

en las iniciativas (e.g. colectas duplicadas), difícil accesibilidad y dificultad para el análisis (en algunos casos por estar archivadas en formato de papel).

Planificar y gestionar las aguas urbanas en un escenario de cambio (variabilidad climática, cambios económicos, sociales y culturales, etcétera) requiere contar con la mejor información para la toma de decisiones. Fortalecer los sistemas de monitoreo adaptados a la realidad urbana permitirá identificar tendencias y posibles rupturas para reformular las estrategias. Colaborará, además, con la transparencia en la gestión y con la participación, basada en información de calidad, indispensables para la toma de decisiones.

**Construir ciudad con las aguas** es un desafío a múltiples escalas. La extensión de servicios debe realizarse en concordancia con los planes urbanos de la ciudad: las infraestructuras de drenaje pluvial, pequeños cursos de agua internos y frentes fluviales deben integrarse al diseño de la ciudad, no solo para reducir los costos de las infraestructuras y los riesgos de inundación, sino también para crear nuevos espacios de uso y esparcimiento de la población, cambiando su carácter de amenaza a recurso.

Promover la **valoración del recurso agua, la responsabilidad y la innovación de su uso**, tanto consuntivo como no consuntivo (recreativo, educativo), deben ser el eje central de una estrategia del manejo integrado de las aguas urbanas, junto con la mejora de los mecanismos de acceso de la información, de opinión y de control de la población. Esta inversión en el empoderamiento de la población, conjuntamente con la mejora de las capacidades técnicas de los recursos humanos que forman parte del sistema de gestión y cambios en las estructuras de los prestadores del servicio tendientes a la descentralización, repercutirá directamente en un sistema de manejo flexible y adaptativo, contribuyendo así a la sostenibilidad del recurso agua en un contexto de gestión integral.

## Bibliografía básica

- Blaikie P, Cannon T, Davis I & Wisner B. (1996). *Vulnerabilidad: El Entorno Social, Político y Económico de los Desastres*. Título original: *At Risk, La Red*.
- DINAMA-JICA (2011). Proyecto sobre control de la contaminación y gestión de la calidad del agua en la cuenca del Río Santa Lucía. Informe final (Principal y Anexos), disponible en la página web de DINAMA-MVOTMA.
- INE (2011). Censo Nacional 2011. Instituto Nacional de Estadística. Disponible en: <http://www.ine.gub.uy/censos2011/index.html>
- MVOTMA-DINAGUA (2011). Inundaciones urbanas: Instrumentos para la gestión del riesgo en las políticas públicas. Montevideo.
- Piperno A; Quintans F; Conde D. (Coords.) (2015). *Aguas urbanas en Uruguay: Avances y desafíos hacia una gestión integrada*. En: Vammen K. et al. (eds.) *Desafíos del agua urbana en las Américas. Perspectivas de las Academias de Ciencias*. Interamerican Network of National Academies of Sciences- IANAS/UNESCO, México. pp. 542-573.
- Rojas F. (2014). *Políticas e institucionalidad en materia de agua potable y saneamiento en América Latina y el Caribe*. CEPAL, serie Recursos Naturales e Infraestructura. Santiago, Chile. 81 pp. ISSN 1680-9017.
- Silveira L, López G, Chreties C & Crisci M. (2012). Steps toward sanearly warning model for flood forecasting in Durazno city in Uruguay. *Journal of Flood Risk Management*, 5:270-280.



Fuente del Paseo de los Próceres en Caracas, Venezuela. Foto: ©iStock.com/moracarlos.

# Venezuela

## Aguas Urbanas en Venezuela

**Ernesto José González Rivas,<sup>1</sup> María Leny Matos,<sup>2</sup> Eduardo Buroz,<sup>3</sup>  
José Ochoa-Iturbe,<sup>4</sup> Antonio Machado-Allison,<sup>5</sup>  
Róger Martínez<sup>6</sup> y Ramón Montero<sup>7</sup>**

Venezuela cuenta con más de 28 millones de habitantes, de los cuales 80% se concentra en apenas 20% del territorio nacional. El 60% de la población se encuentra ubicada en el arco Andino-Costero, la región con menor disponibilidad de recursos hídricos. Debido a ello, se generan problemas asociados con su distribución y prestación de servicios de saneamiento, además de aquéllos causados por la dislocación de grandes volúmenes de agua fuera de sus cuencas de origen.

Para el suministro de agua potable y los servicios de saneamiento, se cuenta con nueve empresas hidrológicas regionales y ocho empresas descentralizadas a nivel nacional. El suministro de agua potable en las grandes ciudades depende, principalmente, de fuentes superficiales (embalses), con más de 90% de cobertura de la población urbana, más de 80% de recolección de aguas servidas, pero con menos de 50% de tratamiento de estas aguas; actualmente, se desarrollan varios pro-

yectos de saneamiento de cuencas y de tratamiento de aguas servidas.

En relación con las aguas subterráneas, se calcula que las reservas renovables se ubican en 22.312 millones de m<sup>3</sup>, estimándose que de este recurso hídrico es aprovechado 50% para el abastecimiento de agua potable, industrial y de riego, a través de una red de obras de captación que sobrepasa los 100 mil pozos. En el caso de la ciudad de Caracas, la capital del país, se estima que del consumo total de agua potable (18 m<sup>3</sup>/s), menos de 10% proviene de aguas subterráneas (1,2 m<sup>3</sup>/s).

En Venezuela funcionan 119 plantas potabilizadoras, con una capacidad instalada de 132.390 l/s. Los tipos de plantas existentes son básicamente: convencional con unidades de tipo tradicional; convencional con tratamiento completo, que incluye, floculación, sedimentación, filtración y desinfección; convencional con

1. Biólogo, Doctor en Ciencias, mención Ecología; Profesor Titular, Instituto de Biología Experimental, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela. [ernesto.gonzalez@ciens.ucv.ve](mailto:ernesto.gonzalez@ciens.ucv.ve)
2. Bióloga, Magister Scientiarum en Ciencias, Mención Botánica; Jefe Laboratorio de Plancton de HIDROVEN. [lenymatos@gmail.com](mailto:lenymatos@gmail.com)
3. Ingeniero Agrónomo, Magister Scientiarum en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos, Ingeniería y Planificación, Especialista en Ciencias Ambientales; Individuo de Número de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales y de la Academia Nacional de Ingeniería y Hábitat; Profesor Titular del Postgrado de Ingeniería Ambiental, Universidad Católica Andrés Bello y Postgrado de Ingeniería Agrícola, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. [eduardo.buroz@gmail.com](mailto:eduardo.buroz@gmail.com)
4. Ingeniero Civil y Master en Business Administration; Profesor Asociado en la Universidad Metropolitana. [jochoai@gmail.com](mailto:jochoai@gmail.com)
5. Biólogo, Ph.D. Profesor Titular (jubilado) en el Instituto de Zoología y Ecología Tropical, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela; Individuo de Número de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales. [antonio.machado@ciens.ucv.ve](mailto:antonio.machado@ciens.ucv.ve)
6. Urbanista, Magister en Ingeniería de Sistemas, Doctor en Arquitectura; Profesor Titular, Departamento de Planificación Urbana, Universidad Simón Bolívar. [rmartine@usb.ve](mailto:rmartine@usb.ve)
7. Químico, Opción Geoquímica; Doctor en Ciencias, Mención Geoquímica; Profesor Agregado en el Instituto de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela. [ramon.montero@ciens.ucv.ve](mailto:ramon.montero@ciens.ucv.ve)

tratamiento parcial y no convencional con tratamiento parcial de tipos modulares, acelerados, compactos y combinados. El cumplimiento de la normativa vigente para la calidad bacteriológica y la calidad organoléptica se sitúa en 85 y 83%, respectivamente, para agua solo clorada y en 91 y 85% para agua con tratamiento convencional.

La depuración de aguas residuales es insuficiente en términos porcentuales. Los tipos de tratamiento generalmente utilizados son lagunas de estabilización u oxidación y aireación extendida en el caso de poblaciones urbanas, pozos séptico-filtro y séptico-campo de absorción en algunas poblaciones rurales. En general, la mayor parte de los efluentes no tratados contaminan las costas del litoral, dada la cercanía de los grandes centros poblados al mar, o debido a que son vertidos directamente en ríos que desembocan en el mismo.

También se cuenta con las plantas ubicadas en la región centro-norte de Venezuela, la cual es el corazón industrial del país. En esta región, empresas privadas cuentan generalmente con sus plantas de tratamiento de aguas residuales con el objeto de cumplir con los valores establecidos para la descarga de los parámetros regulados en el Decreto 883, relativo a las Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos.

Por lo que respecta a la relación de las aguas urbanas y la salud, en Venezuela se han presentado numerosos casos de enfermedades asociadas a los recursos hídricos, entre las que se destacan las diarreas, amibiasis, malaria y dengue. Las enfermedades hídricas normalmente tienen una mayor incidencia sobre los estratos más pobres de la población. Varios autores exponen que la participación de las comunidades organizadas (por ejemplo, las Mesas Técnicas del Agua) y la educación a la población, son elementos clave para mitigar la incidencia de estas enfermedades, además de la necesaria inversión del Estado en saneamiento de ríos y quebradas.

La salud ambiental desde el espacio de la vivienda y los hogares se puede analizar mediante el uso de indicadores e índices destinados a medir la interacción agua-salud ambiental. Hay una elevada proporción de incorporación a los sistemas de acueducto como medio de recibir la dotación de agua potable. Sin embargo, la población que recibe el agua con diferentes frecuencias, desde interdiaria a quincenal, representa alrede-

dor de 20% de las viviendas. Las interrupciones en el suministro pueden dar lugar a fallas en la higiene personal, inadecuado manejo de excretas, incorrecta manipulación de alimentos y de útiles de cocina, cada una de las cuales puede ocasionar episodios de afectación a la salud. Se ha registrado una elevada conexión de los excusados a cloacas o pozos sépticos, lo cual induce a pensar en dos aspectos fundamentales para asegurar la salubridad urbana: 1) el control de la calidad del agua potable por el uso de agua debajo de los puntos de descarga, lo cual a su vez se relaciona con el diseño de los sistemas de tratamiento de potabilización de las aguas, y 2) la necesidad de tratar las aguas servidas, colectadas por los sistemas cloacales, para garantizar la calidad del agua en las cuencas y sus usos aguas abajo del punto de descarga.

La alta vulnerabilidad de Venezuela en el régimen hídrico hace de vital importancia monitorear el efecto del cambio climático sobre las distintas fuentes empleadas para abastecimiento, ya que la mayoría de los efectos adversos están relacionados con la disponibilidad de agua. Se han presentado fenómenos de sequía extrema y de inundaciones en las principales ciudades del país, cada uno de estos fenómenos con consecuencias negativas para las poblaciones urbanas, por lo que se señala la importancia de una planificación oportuna (planes maestros) de las poblaciones para evitar futuros daños a personas y objetos. También se destacan medidas estructurales (canalización de ríos y quebradas, control de sedimentos y control de la erosión en las pendientes) y no estructurales (monitoreo de condiciones hidrometeorológicas en las cuencas de los ríos, elaboración de mapas de riesgos, elaboración de planes de contingencia e instalación de sistemas de alarma temprana) para mitigar los efectos de las inundaciones en las ciudades.

Se concluye que se deben implementar planes de manejo de los recursos hídricos que sean el resultado de una interacción bien planeada y concebida entre la tecnología, la sociedad, la economía y las instituciones, con el propósito de balancear la oferta y la demanda del recurso ante escenarios de ocurrencia de extremos hidrológicos. Asimismo, los planes de gestión de los recursos hídricos y la mitigación de los problemas relacionados con el ciclo del agua en las zonas urbanas deben contar con la participación de las comunidades organizadas.

## Bibliografía básica

- Comité Científico del Primer Simposio Nacional sobre Cambio Climático (2013). Declaración de Caracas sobre el Cambio Climático. *Interciencia*, 38(11): 757.
- Fundación de Educación Ambiental (FUNDAMBIENTE) (2009). *Recursos Hídricos de Venezuela*. Caracas, Ministerio del Ambiente y Fondo Editorial Fundambiente. 167 pp.
- González, E.J. y Matos, M.L. (2012). Manejo de los Recursos Hídricos en Venezuela. Aspectos Generales. En: B. Jiménez-Cisneros y J.G. Tundisi (Eds.). ISBN: 978-607-9217-04-4. *Diagnóstico del agua en las Américas*. México, Red Interamericana de Academias de Ciencias-Programa de Aguas, Foro Consultivo Científico y Tecnológico, AC. pp. 437-447.
- López, J.L. (2005). Estrategias de mitigación y control de inundaciones y aludes torrenciales en el Estado Vargas y en el Valle de Caracas: situación actual y perspectivas futuras. *Revista de la Facultad de Ingeniería UCV*, 20(4): 61-73.
- Martínez, R. (2013). *La gestión del agua potable y el saneamiento en el Área Metropolitana de Caracas*. Instituto Latinoamericano de Investigaciones Sociales (ILDIS). Caracas, Oficina en Venezuela de la Fundación Friedrich Ebert. 23 pp.
- Ochoa-Iturbe, J. (2011). Solids in urban drainage. *Negotium*, 18(7): 37-45.
- Water and Sanitation Program (WSP) (2008). *Operadores locales de pequeña escala en América Latina. Su participación en los servicios de agua y saneamiento*. Lima, Ediciones LEDEL S.A.C. 73 pp.

## Miembros de las Academias de Ciencias

### Argentina

**Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Argentina**  
[www.ancefn.org.ar](http://www.ancefn.org.ar)  
**Roberto L.O. Cignoli, Presidente**

### Brasil

**Academia Brasileña de Ciencias**  
[www.abc.org.br](http://www.abc.org.br)  
**Jacob Palis, Presidente**

### Bolivia

**Academia Nacional de Ciencias de Bolivia**  
[www.aciencias.org.bo](http://www.aciencias.org.bo)  
**Gonzalo Taboada López, Presidente**

### Canadá

**La Royal Society of Canadá: Las Academias de Artes, Humanidades y Ciencias de Canadá**  
<https://rsc-src.ca/en/>  
**Graham Bell, Presidente**

### Caribe

**Academia de Ciencias del Caribe (Redes Regionales)**  
[www.caswi.org](http://www.caswi.org)  
**Trevor Alleyne, Presidente**

### Chile

**Academia Chilena de Ciencias**  
[www.academia-ciencias.cl](http://www.academia-ciencias.cl)  
**Juan Asenjo, Presidente**

### Colombia

**Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales**  
[www.acefyn.org.co](http://www.acefyn.org.co)  
**Enrique Forero, Presidente**

### Costa Rica

**Academia Nacional de Ciencias Costa Rica**  
[www.anc.cr](http://www.anc.cr)  
**Pedro León Azofeita, Presidente**

### Cuba

**Academia de Ciencias de Cuba**  
[www.academiaciencias.cu](http://www.academiaciencias.cu)  
**Ismael Clark Arxer, Presidente**

### Estados Unidos de América

**Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos**  
[www.nasonline.org](http://www.nasonline.org)  
**Ralph J. Cicerone, Presidente**

### Ecuador

**Academia de Ciencias del Ecuador**  
<http://www.academiadecienciasecuador.org>  
**Carlos Alberto Soria, Presidente**

### Guatemala

**Academia de Ciencias Médicas, Físicas y Naturales de Guatemala**  
[www.interacademies.net/Academies/ByRegion/LatinAmericaCaribbean/Guatemala/](http://www.interacademies.net/Academies/ByRegion/LatinAmericaCaribbean/Guatemala/)  
**Enrique Acevedo, Presidente**

### Honduras

**Academia Nacional de Ciencias de Honduras**  
[www.guspepper.net/academia.htm](http://www.guspepper.net/academia.htm)  
**Gustavo A. Pérez, Presidente**

### México

**Academia Mexicana de Ciencias**  
[www.amc.unam.mx](http://www.amc.unam.mx)  
**Jaime Urrutia, Presidente**

### Nicaragua

**Academia de Ciencias de Nicaragua**  
[www.cienciasdenicaragua.org](http://www.cienciasdenicaragua.org)  
**Manuel Ortega, Presidente**

### Panamá

**Asociación Panameña para el Avance de la Ciencia**  
[www.apanac.org.edu.pa](http://www.apanac.org.edu.pa)  
**Jorge Motta, Presidente**

### Perú

**Academia Nacional de Ciencias del Perú**  
[www.ancperu.org](http://www.ancperu.org)  
**Ronald Woodman Pollitt, Presidente**

### República Dominicana

**Academia de Ciencias de la República Dominicana**  
[www.academiadecienciasrd.org](http://www.academiadecienciasrd.org)  
**Milcíades Mejía, Presidente**

### Uruguay

**La Academia Nacional de Ciencias de la República Oriental del Uruguay**  
[www.anciu.org.uy](http://www.anciu.org.uy)  
**Rodolfo Gambini, Presidente**

### Venezuela

**Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales de Venezuela**  
[www.acfiman.org.ve](http://www.acfiman.org.ve)  
**Claudio Bifano, Presidente**

## Puntos Focales sobre Agua de IANAS

### Argentina

**Raúl A. Lopardo**

Instituto Nacional del Agua

### Bolivia

**Fernando Urquidi**

Academia Nacional de Ciencias de Bolivia

### Brasil

**José Galizia Tundisi**

Instituto Internacional de Ecología

### Canadá

**Banu Ormeci**

Universidad de Carleton

### Chile

**James McPhee**

Centro Avanzado de Tecnología para la Minería  
Universidad de Chile

### Colombia

**Gabriel Roldán**

Academia Colombiana de Ciencias Exactas,  
Físicas y Naturales

### Costa Rica

**Hugo Hidalgo**

Universidad de Costa Rica

### Cuba

**Daniela Mercedes Arellano Acosta**

Agencia de Medio Ambiente, Ministerio de Ciencia,  
Tecnología y Medio Ambiente, Havana, Cuba

### El Salvador

**Julio César Quiñones Basagoitia**

Miembro de la Asociación Mundial para el Agua

### EUA

**Henry Vaux**

Universidad de California

### Grenada

**Martín ST. Clair Forde**

Universidad de St. George, Grenada

### Guatemala

**Manuel Bastarrechea**

Academia de Ciencias Médicas,  
Físicas y Naturales de Guatemala

### Honduras

**Marco Blair**

Academia Nacional de Ciencias de Honduras

### México

**María Luisa Torregrosa**

Facultad Latinoamericana  
de Ciencias Sociales, FLACSO

### Nicaragua

**Katherine Vammen**

Centro para la Investigación  
en Recursos Acuáticos de Nicaragua,  
Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua

### Panamá

**José R. Fábrega**

Centro de Investigaciones Hidráulicas e  
Hidrotécnicas Universidad Tecnológica de Panamá

### Perú

**Nicole Bernex**

Centro de Investigación en Geografía Pontificia  
Universidad Católica del Perú

### República Dominicana

**Osiris de León**

Comisión de Ciencias Naturales y Medio Ambiente  
de la Academia de Ciencias

### Uruguay

**Daniel Conde**

Facultad de Ciencias  
Universidad de la República

### Venezuela

**Ernesto J. González**

Facultad de Ciencias de la Universidad  
Central de Venezuela

## Coordinadores y autores

### Argentina

**Raúl Antonio Lopardo**

Instituto Nacional del Agua

**Jorge Daniel Bacchiega**

Instituto Nacional del Agua

**Luis E. Higa**

Instituto Nacional del Agua

### Bolivia

**Fernando Urquidi-Barrau**

Academia Nacional de Ciencias de Bolivia

### Brasil

**José Galizia Tundisi**

Instituto Internacional de Ecología

**Carlos Eduardo Morelli Tucci**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Fernando Rosado Spilki**

Centro Universitario Feevale

**Ivanildo Hespanhol**

Universidade de São Paulo

**José Almir Cirilo**

Universidade Federal de Pernambuco

**Marcos Cortesão Barnsley Scheuenstuhl**

Academia Brasileña de Ciencias

**Natalia Andricioli Periotto**

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde

### Canadá

**Banu Örmeci**

Universidad de Carleton

**Michael D'Andrea**

Gestión de Infraestructuras de Agua de Toronto

### Chile

**James McPhee**

Centro Avanzado de Tecnología  
para la Minería, Universidad de Chile

**Jorge Gironás**

Escuela de Ingeniería Pontificia  
Universidad Católica de Chile

**Bonifacio Fernández**

Escuela de Ingeniería Pontificia  
Universidad Católica de Chile

**Pablo Pastén**

Departamento de Hidráulica y Medio Ambiente  
Pontificia Universidad Católica de Chile

**José Vargas**

Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica

**Alejandra Vega**

Pontificia Universidad Católica de Chile

**Sebastián Vicuña**

Centro de Cambio Global UC

### Colombia

**Gabriel Roldán**

Academia Colombiana de Ciencias  
Exactas Físicas y Naturales

**Claudia Patricia Campuzano Ochoa**

Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia

**Luis Javier Montoya Jaramillo**

Universidad Nacional de Colombia-Medellín

**Carlos Daniel Ruiz Carrascal**

Escuela de Ingeniería de Antioquia

**Andrés Torres**

Pontificia Universidad Javeriana-Bogotá

**Jaime Lara-Borrero**

Pontificia Universidad Javeriana-Bogotá

**Sandra Lorena Galarza-Molina**

Pontificia Universidad Javeriana-Bogotá

**Juan Diego Giraldo Osorio**

Pontificia Universidad Javeriana-Bogotá

**Milton Duarte**

Grupo de Investigación  
Ciencia e Ingeniería del Agua

**Sandra Méndez-Fajardo**

Pontificia Universidad Javeriana-Bogotá

**Costa Rica****Hugo G. Hidalgo**

Universidad de Costa Rica

**Ángel G. Muñoz**

Instituto Internacional de Investigación para el  
Clima y la Sociedad de la Universidad de Columbia

**Carolina Herrera**

Ph-C Ingenieros Consultores

**Eric J. Alfaro**

Universidad de Costa Rica, Escuela de Física

**Natalie Mora**

Universidad de Costa Rica, Escuela de Física

**Víctor H. Chacón**

Municipalidad de Pérez Zeledón, C.N.E.

**Darner A. Mora**

Laboratorio Nacional de Aguas

**Mary L. Moreno**

Centro Internacional de Política Económica  
para el Desarrollo Sostenible de la Universidad  
Nacional de Costa Rica

**Cuba****Daniela de las Mercedes Arellano Acosta**

Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y  
Microbiología, La Habana, Cuba

**L.F. Molerio-León MSc.**

GRANIK HOLDINGS Ltd.  
(República Dominicana)

**Eduardo O. Planos Gutiérrez**

Instituto de Meteorología de Cuba

**El Salvador****Julio Cesar Quiñones Basagoitia**

Miembro de la Asociación Mundial para el Agua

**Estados Unidos de América****Henry J. Vaux**

Universidad de California

**Grenada****Martin ST. Clair Forde**

Universidad de St. George, Grenada

**Brian P. Neff**

Universidad de St. George, Grenada

**Guatemala****Manuel Basterrechea**

Academia de Ciencias Médicas,  
Físicas y Naturales de Guatemala

**Carlos Roberto Cobos**

Centro de Investigación en Ingeniería

**Juan Carlos Fuentes**

Instituto Nacional de Electrificación

**Norma Edith Gil Rodas de Castillo**

Centro de Estudios del Mar y Acuicultura CEMA  
Universidad de San Carlos, USAC-Guatemala

**Jeanette Herrera de Noack**

Alianza Mundial de Derecho Ambiental

**Ana Beatriz Suárez**

Laboratorio Ecológico y Químico, S.A.

## Honduras

**Marco Antonio Blair Chávez**

Academia Nacional de Ciencias de Honduras

**Manuel Figueroa**

Academia Nacional de Ciencias de Honduras

## México

**María Luisa Torregrosa y Armentia**

Investigadora en la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales-FLACSO

**Blanca Jiménez-Cisneros**

División de Ciencias del Agua y Secretaría de la Organización de las Naciones Unidas para el trabajo conjunto en las áreas educativas, científicas y culturales

**Jacinta Palerm**

Postgrado, México-COLPOS (Colegio de Posgraduados)

**Ricardo Sandoval Minero**

Sextante Servicios de Consultoría, S.C.

**Karina Kloster**

Universidad Autónoma de la Ciudad de México

**Polioproto F. Martínez Austria**

Universidad de las Américas, Puebla

**Jordi Vera Cartas**

Fondo Golfo de México A.C.

**Ismael Aguilar Barajas**

Instituto Tecnológico de Monterrey

## Nicaragua

**Katherine Vammen**

Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua (CIRA/UNAN)

**Yelba Flores Meza**

Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua (CIRA/UNAN)

**Selvia Flores Sánchez**

Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua (CIRA/UNAN)

**Iris Hurtado García**

Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua (CIRA/UNAN)

**Mario Jiménez García**

Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua (CIRA/UNAN)

**Francisco J. Picado Pavón**

Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua (CIRA/UNAN)

**Gustavo Sequeira Peña**

Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua (CIRA/UNAN)

## Panamá

**José Rogelio Fábrega Duque**

Universidad Tecnológica de Panamá

**Miroslava Morán Montaña**

Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe (CATHALAC)

**Elsa Lilibeth Flores Hernández**

Universidad Tecnológica de Panamá

**Icela Ibeth Márquez Solano de Rojas**

Universidad Tecnológica de Panamá Fundación Universitaria Iberoamericana

**Argentina Ying B**

Universidad de Panamá

**Casilda Saavedra**

Universidad Tecnológica de Panamá

**Berta Alicia Olmedo Vernaza**

Gerencia de Hidrometeorología de ETESA (Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A.)

**Pilar López Palacios**

Gerencia de Hidrometeorología de ETESA (Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A.)

## Perú

**Nicole Bernex Weiss**

Centro de Investigación en Geografía Pontificia  
Universidad Católica del Perú

**Julio Kuroiwa Zevallos**

Universidad Nacional de Ingeniería

**Victor Carlotto Caillaux**

Universidad Nacional de San Antonio  
Abad del Cusco

**César Cabezas Sánchez**

Instituto Nacional de Salud de Perú

**Ruth Shady Solis**

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

**Fernando Roca**

Pontificia Universidad Católica del Perú

**Mathieu Durand**

Universidad de Maine, Francia

**Eduardo Ismodes Cascón**

Pontificia Universidad Católica del Perú

## República Dominicana

**Osiris de León**

Comisión de Ciencias Naturales y Medio Ambiente  
de la Academia de Ciencias

## Uruguay

**Daniel Conde Scalone**

Facultad de Ciencias de la  
Universidad de la República

**Adriana Piperno de Santiago**

Facultad de Arquitectura de la  
Universidad de la República

**Federico Quintans Sives**

Facultad de Ciencias de la  
Universidad de la República

## Venezuela

**Ernesto José González**

Facultad de Ciencias de la  
Universidad Central de Venezuela

**María Leny Matos**

Laboratorio de Plancton HIDROVEN

**Eduardo Buroz**

Universidad Católica Andrés Bello

**José Ochoa-Iturbe**

Escuela de Ingeniería  
de la Universidad Católica Andrés Bello

**Antonio Machado-Allison**

Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y  
Naturales de Venezuela

**Róger Martínez**

Universidad Simón Bolívar

**Ramón Montero**

Instituto de Ciencias de la Tierra  
de la Universidad Central de Venezuela

# DESAFÍOS DEL AGUA URBANA EN LAS AMÉRICAS

*Perspectivas de las Academias de Ciencias*

## Resumen



Las Américas se encuentra entre las regiones más urbanizadas del mundo (> 80%). La urbanización va de la mano con la intensificación del uso de los recursos hídricos para las necesidades humanas; a su vez, los sistemas hidrológicos juegan un papel en el desarrollo y crecimiento de las ciudades no sólo como fuentes de agua potable, sino también para la deposición de residuos. *Desafíos del Agua Urbana en las Américas* describe y analiza los problemas en materia de agua en centros urbanos de 20 países de las Américas: desde América del Sur, América Central, México y el Caribe, hasta los Estados Unidos y Canadá. Este particular compendio de experiencias sobre aguas urbanas en las Américas se encuentra sustentado por una amplia representación geográfica que toma en cuenta las diferencias en cuanto a disponibilidad de los recursos hídricos y los niveles de desarrollo económico.

Los retos principales de este libro de la Red Interamericana de Academias de Ciencias (IANAS) son: ¿Se pueden solucionar los problemas de abastecimiento de agua y saneamiento urbano mediante una mejor gestión de los mismos? ¿Se puede mejorar el acceso al agua potable? ¿Es posible dar solución a los retos de mejora de saneamiento y gestión de aguas residuales? ¿Puede mejorarse la atención que se presta actualmente a los problemas de salud y enfermedades transmitidas por el agua en las zonas urbanas? ¿Cuáles son los desafíos de adaptación al cambio climático relacionados con el agua en las zonas urbanas y cómo pueden solucionarse? ¿Cuáles son los modelos y conceptos a seguir que contribuyen a mejorar la gestión del agua en las zonas urbanas?

La obra pretende constituirse en una herramienta para la búsqueda de soluciones a los desafíos de la gestión adecuada de los recursos hídricos en zonas urbanas.

ISBN: 978-607-8379-12-5

