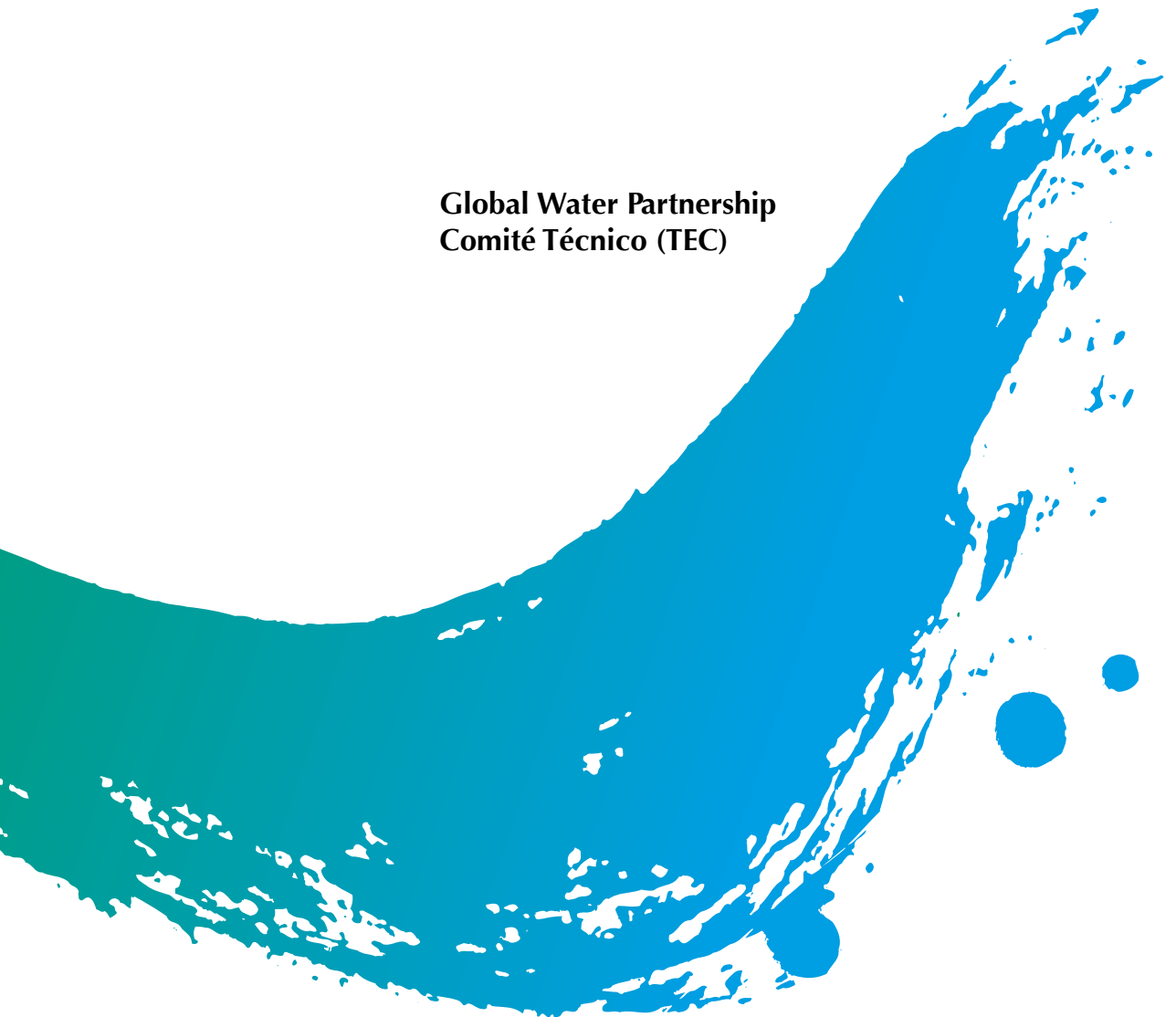


Gestión integrada de aguas urbanas

Akiça Bahri

**Global Water Partnership
Comité Técnico (TEC)**



La Asociación Mundial para el Agua (***Global Water Partnership, GWP***), establecida en 1996, es una red internacional abierta a todas las organizaciones involucradas en la gestión de los recursos hídricos: instituciones gubernamentales de países desarrollados y en desarrollo, agencias de las Naciones Unidas, bancos de desarrollo bilaterales y multilaterales, asociaciones profesionales, instituciones de investigación, organizaciones no gubernamentales y el sector privado. GWP fue creada para promover la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH), la cual tiene como propósito asegurar la gestión y el desarrollo coordinados del agua, de la tierra y de otros recursos relacionados, maximizando el bienestar económico y social sin comprometer la sostenibilidad de los sistemas ambientales vitales.

GWP promueve la GIRH creando foros en los ámbitos mundial, regional y nacional, diseñados para apoyar a las partes interesadas en la implementación práctica de la GIRH. La gobernanza de la Asociación incluye el Comité Técnico (*TEC*), un grupo de profesionales y de científicos reconocidos internacionalmente y especializados en diferentes aspectos de la gestión hídrica. Este comité, cuyos miembros provienen de diferentes regiones del mundo, proporciona apoyo técnico y asesoramiento a las demás secciones de la gobernanza y a la Asociación como un todo. Al Comité Técnico se le ha encomendado el desarrollo de un marco analítico para el sector hídrico y la proposición de acciones que promoverán la gestión sostenible de los recursos hídricos. El Comité Técnico mantiene un canal abierto con las Asociaciones Regionales para el Agua de la GWP (RWP) en todo el mundo para facilitar la aplicación regional y nacional de la GIRH.

La adopción y la aplicación de la GIRH a nivel mundial requieren cambiar la manera en que la comunidad internacional maneja el negocio de los recursos hídricos, particularmente la manera como se realizan las inversiones. Para realizar cambios de esta naturaleza y alcance se requieren nuevas formas de abordar las agendas de acciones de implementación y también los aspectos globales, regionales y conceptuales.

Esta serie, publicada por la Secretaría Global de la GWP de Estocolmo, ha sido creada para difundir los trabajos escritos y encargados por el Comité Técnico para abordar la agenda conceptual. Véase en la contraportada interior una lista de las publicaciones de esta serie.

Global Water Partnership
Drottninggatan 33
SE-111 51 Estocolmo, Suecia
Teléfono: +46 8 522 12630
Fax: +46 8 522 12631
Correo electrónico: gwp@gwp.org
Sitios web: www.gwp.org, www.gwptoolbox.org

Gestión integrada de aguas urbanas

©Global Water Partnership

Todos los derechos reservados.

Primera impresión en inglés, 2012

Primera impresión en español, 2014

Esta publicación es propiedad de Global Water Partnership (GWP) y está protegida por las leyes de propiedad intelectual. Partes del texto pueden ser reproducidas con fines educativos o no comerciales sin la autorización previa de GWP, siempre y cuando se cite la fuente mediante la mención del nombre completo del informe, y las partes citadas no se usen en contextos que puedan conducir a malas interpretaciones. No se autoriza el uso de esta publicación para reventa o para otros propósitos comerciales. Los hallazgos, interpretaciones y conclusiones expresadas en esta publicación corresponden a las del autor o a las de los autores pero no implican el consentimiento de GWP.
ISSN: 1652-5396

ISBN: 978-91-85321-96-4

Gestión integrada de aguas urbanas

Akiça Bahri

Mayo de 2012



Publicado por Global Water Partnership

PRÓLOGO

La gestión hídrica urbana se halla actualmente en el umbral de una revolución como respuesta a las demandas de agua urbanas que están creciendo rápidamente y a la necesidad de lograr que los sistemas hídricos urbanos tengan mayor capacidad de adaptarse al cambio climático. La competición, los conflictos, la escasez, los desechos y la degradación creciente de los recursos hídricos hacen que sea imperativo repensar los conceptos convencionales —para cambiar desde un enfoque que intente gestionar aspectos diferentes del ciclo hídrico urbano de manera aislada, a otro enfoque integrado que cuente con el apoyo de todas las partes interesadas—.

Este oportuno documento de antecedentes elaborado por la Dra. Akiça Bahri, miembro del Comité Técnico, ayuda a comprender los cambios y sus principales agentes impulsores. Éste proporciona un panorama detallado de la gestión integrada de aguas urbanas (GIAU). Asimismo, este documento nos muestra cómo la GIAU, inserta dentro de un marco más amplio de la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH), puede contribuir a la seguridad hídrica de una cuenca o de una estructura de captación, armonizando el sector hídrico urbano con el suministro hídrico rural, la agricultura, la industria, la energía y el ambiente.

También, este documento proporciona orientación sobre la implementación de la GIAU —políticas de cobertura, opciones de financiamiento y de gestión y avances tecnológicos—.

Akiça, quien es la coordinadora del Fondo del Agua para África del Banco Africano de Desarrollo, tiene desde hace mucho tiempo un interés centrado en el hecho de cómo un enfoque más integrado de la gestión hídrica y de las aguas residuales puede contribuir a satisfacer la demanda hídrica y a proteger el medio ambiente. En su país natal de Túnez y en otros lugares, Akiça trabajó en el campo de la recuperación y la reutilización del agua y de la aplicación de biosólidos para la producción de alimentos, y asesoró sobre política y legislación para proporcionar orientación sobre la gestión de la reutilización hídrica y de biosólidos. Ella es autora de numerosos documentos e informes sobre este tema que incluye *Managing the other side of water cycle: Making wastewater an asset* (Documento técnico de GWP No. 13).

Me gustaría también reconocer la contribución del miembro del Comité Técnico, Profesor Kalanithy Vairavamoorthy, cuyo conocimiento especializado sobre sistemas hídricos urbanos que operan bajo las futuras presiones del cambio global y de sus implicaciones sobre la gobernanza del agua enriqueció notablemente este documento. Además de desempeñarse como Director del *Patel Centre for Global Solutions* de la Universidad del Sur de la Florida, donde es también profesor titular, Kalanithy es Profesor de Sistemas Hídricos Urbanos Sostenibles en UNESCO-IHE y TU Delft, y fue el director del proyecto de la UE, SWITCH: Gestión Hídrica para la Ciudad del Futuro.

Mohamed Ait Kadi
 Presidente
 Comité Técnico de la GWP

RESUMEN EJECUTIVO

Los desafíos que enfrentan las principales ciudades de la actualidad son abrumadores y la gestión hídrica es una de las preocupaciones más serias. El agua potable proveniente de fuentes puras es rara, otras fuentes de agua deben ser tratadas a muy alto costo y el volumen de aguas residuales es cada vez mayor. Los habitantes de la ciudad en muchas áreas del mundo carecen de buena calidad de agua y se enferman debido a enfermedades transmitidas por el agua. Conforme las ciudades buscan nuevas fuentes de agua río arriba y descargan sus aguas residuales río abajo, los residentes de los alrededores sufren los efectos. El ciclo hidrológico y los sistemas acuáticos, que incluyen servicios ecosistémicos vitales, están alterados.

Esta es la situación actual. El mañana traerá efectos intensificados como consecuencia del cambio climático y del continuo crecimiento de las ciudades. Los eventos climáticos extremos, desde sequías prolongadas hasta tormentas tropicales violentas, están a punto de superar la infraestructura hídrica urbana y causar sufrimiento extremo y degradación ambiental.

La gestión integrada de aguas urbanas (GIAU) promete un mejor enfoque que el sistema actual, en el cual el suministro hídrico, las aguas de lluvia y las aguas residuales y el saneamiento son manejados por entidades separadas y todas estas cuatro entidades están apartadas del planeamiento del uso de la tierra y del desarrollo económico. La GIAU demanda que se pongan en concordancia el desarrollo urbano y la gestión de cuencas para lograr los objetivos económicos, sociales y ambientales sostenibles.

La planificación para el sector hídrico está integrada con otros sectores urbanos, tales como el uso de la tierra, la vivienda, la energía y el transporte, para superar la fragmentación en la formulación de políticas públicas y en la toma de decisiones. Las relaciones transectoriales se fortalecen a través de una cultura de trabajo común, la articulación de objetivos colectivos y los beneficios respectivos, y la negociación de las diferencias que existan en el campo de la energía y de los recursos. Las poblaciones urbanas marginales y el sector informal urbano están incluidos de manera expresa.

El proceso inicia con políticas nacionales claras sobre la gestión hídrica integrada, respaldada por una legislación eficaz para orientar los consejos locales. La GIAU comprende todos los aspectos de la gestión hídrica: ambiental, económico, social, técnico y político. Un enfoque exitoso requiere

involucrar a las comunidades locales en la solución de los problemas de la gestión hídrica. Los enfoques colaborativos deben involucrar a todas las partes interesadas en establecer prioridades, tomar acciones y asumir la responsabilidad. La GIAU incluye valoraciones para determinar la cantidad y la calidad del recurso hídrico, para estimar la demanda actual y futura y para anticipar los efectos del cambio climático. Ésta reconoce la importancia de la eficiencia en el uso del agua y la eficiencia económica, sin las cuales, las operaciones hídricas no pueden ser sostenibles. La GIAU también reconoce que diferentes tipos de agua pueden ser utilizados para diferentes propósitos: las fuentes de agua dulce (aguas superficiales, aguas subterráneas, aguas de lluvia) y el agua desalinizada podrían abastecer el uso doméstico, por ejemplo, y las aguas residuales (las aguas negras, marrones, amarillas y grises) pueden ser tratadas apropiadamente para satisfacer las demandas de la agricultura, la industria y el ambiente. Con nuevas tecnologías de desalinización eficiente, el agua salada se ha convertido en una fuente hídrica accesible.

La recuperación y la reutilización del agua cierran el circuito entre el suministro hídrico y la eliminación de las aguas residuales. La integración de estas dos funciones de la gestión hídrica requiere una planificación visionaria, un marco institucional de apoyo, la coordinación de la infraestructura y de las empresas de servicio, la protección de la salud pública, la tecnología de tratamiento de aguas residuales y el emplazamiento apropiado para usos finales, la confiabilidad del proceso de tratamiento, la gestión de las empresas hídricas de servicio público y la aceptación y participación públicas. Las nuevas tecnologías para el tratamiento de las aguas residuales y los nuevos modelos de negocios, tales como las asociaciones público-privadas y de cooperación con el sector privado, son opciones.

Bajo la GIAU, los precios y las asignaciones del agua reflejan los verdaderos costos de desarrollar y de proporcionar suministros hídricos y de mantener el sistema. El precio señala el valor del agua. Los precios exactos estimularán una gestión hídrica sabia por parte de todos los usuarios, consistente con una estrategia de gestión integrada de aguas urbanas. Las tarifas diferenciales que dan cuenta de la calidad del agua pueden ser incentivos para los usuarios agrícolas, comerciales, municipales e industriales para que reduzcan el consumo de aguas superficiales o de aguas subterráneas en favor de las aguas recuperadas.

Las tarifas, los impuestos y los subsidios pueden ser usados para transferir beneficios sin disminuir la productividad económica de los recursos

hídricos. Si las tarifas se fijan bajas para favorecer a los usuarios pobres y no pueden apoyar operaciones y el mantenimiento eficaces, el sistema podría, inadvertidamente, contribuir a producir una inequidad cada vez mayor. Los instrumentos de fijación de precios pueden ser diseñados de modo que los usuarios paguen más por niveles más altos de consumo o por una mayor calidad de agua. Los incentivos financieros, tales como reembolsos parciales, las remodelaciones y las auditorías hídricas subsidiadas, las asignaciones de precios estacionales y las asignaciones de precios zonales, pueden también ser usados. Los esquemas de quien contamina paga, que se basan en tarifas sobre el total de aguas residuales generadas por los usuarios, pueden mejorar la rentabilidad del tratamiento y la reutilización e, incluso, financiar la construcción de nuevas instalaciones de servicio.

Los proyectos de la GIAU requieren niveles significativos de financiamiento, tanto para capital como para cubrir los costos de operación y de mantenimiento. Para países con una habilidad limitada para invertir en infraestructura hídrica, las políticas apropiadas y las instituciones que funcionan adecuadamente hacen que la recaudación de fondos sea mucho más fácil.

La adopción de la GIAU y de sus procesos adaptativos e iterativos ayudará significativamente a las ciudades a reducir el número de personas sin acceso al agua y al saneamiento mediante la provisión de servicios hídricos en cantidad y calidad apropiadas, mejorando, por lo tanto, la salud y la productividad de los residentes urbanos.

CONTENIDO

PRÓLOGO	4
RESUMEN EJECUTIVO	5
1. Introducción	11
1.1. Gestión integrada de aguas urbanas	11
1.2. Estructura del documento	13
2. EL CAMBIANTE CONTEXTO URBANO	14
2.1. Expansión de los límites de la ciudad	15
2.2. Consecuencias de la globalización	16
2.3. Retos especiales para algunas ciudades	17
3. RECURSOS HÍDRICOS Y URBANIZACIÓN	18
3.1. Aguas residuales	19
3.2. Cantidad de agua	20
3.3. Calidad del agua	21
3.4. Servicios ecosistémicos	22
3.5. Respuestas de las políticas	23
3.6. Costos y beneficios económicos	26
4. EL DESAFÍO DEL CAMBIO CLIMÁTICO	27
4.1. Cambio climático y suministro hídrico	28
4.2. Cambio climático y saneamiento	29
4.3. Contribuciones urbanas al cambio climático	32
4.4. Opciones de respuesta	33
5. DE USUARIO DEL RECURSO A GESTIONADOR DEL RECURSO	36
5.1. Gestión hídrica urbana convencional	36
5.2. Gestión integrada de aguas urbanas	37
5.3. Hacia un marco para la gestión integrada de aguas urbanas	40
6. CREACIÓN DE UN AMBIENTE PROPICIO PARA LA GIAU	45
6.1. Roles para los gobiernos centrales	45
6.2. Roles para los gobiernos locales	46
6.3. Involucramiento del sector privado	48
6.4. Oportunidades de negocios en toda la cadena de valor	49
6.5. Gestión “urbana” y de “cuenca”	50
6.6. Intervención de las partes interesadas	53
6.7. Promoción de una nueva cultura de gestión hídrica urbana	56
6.8. Tecnologías y enfoques innovadores	58

7.	HERRAMIENTAS DE LA GIAU Y ESTRATEGIAS DE GESTIÓN	60
7.1.	Auditorías hídricas y uso eficiente	61
7.2.	Recuperación y reutilización del agua	62
7.3.	Gestión de las aguas de lluvia	65
7.4.	Tecnologías que apoyan la GIAU	65
7.5.	Búsqueda de la escala adecuada	68
7.6.	Sistemas hídricos urbanos flexibles y adaptables	69
7.7.	Tarifas, pagos y otras herramientas económicas	70
7.8.	Adaptación al cambio climático	71
8.	EL FUTURO DE LA GOBERNANZA HÍDRICA URBANA	73
8.1.	Mensajes claves	75
	REFERENCIAS	80

Lista de figuras

- Figura 1. Perfiles de abastecimiento hídrico, pasados y proyectados, de San Diego.
- Figura 2. Modelo del ciclo integrado de aguas urbanas.
- Figura 3. Integración de diferentes servicios urbanos.
- Figura 4. Marco para la integración institucional.
- Figura 5. Transiciones desde ciudades con abastecimiento hídrico a ciudades con sensibilidad hídrica.
- Figura 6. Contribuciones de la GIAU para reequilibrar el metabolismo urbano sostenible.
- Figura 7. Modelo de la Asociación Hídrica de Karachi.
- Figura 8. Gestión Integrada de Aguas Urbanas.
- Figura 9. Marco para la Gestión Integrada de las Aguas Urbana y la planificación del uso de la tierra.

Lista de tablas

- Tabla 1. Riesgos climáticos y sus efectos sobre los sistemas urbanos.
- Tabla 2. Comparación de la gestión hídrica urbana y de la Gestión Integrada de Aguas Urbanas.
- Tabla 3. Objetivos y herramientas de la GIAU en diferentes niveles de gestión.
- Tabla 4. Tecnologías innovadoras y sus beneficios para la GIAU.

Lista de recuadros

- Recuadro 1. Lecciones del pasado.
- Recuadro 2. Singapur: estado de la cuestión de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos
- Recuadro 3. Predicciones climáticas regionales.
- Recuadro 4. Seattle, Melbourne y Manila: la adaptación al cambio climático y su mitigación.
- Recuadro 5. Johannesburgo y la provincia de Gauteng: planeamiento con anticipación.
- Recuadro 6. Sao Pablo: experimentación con nuevas formas de la gobernanza hídrica urbana.
- Recuadro 7. Karachi: gestión participativa de los recursos hídricos.
- Recuadro 8. La ciudad de Nueva York: protección de la fuente de agua potable de la parte alta de la cuenca.
- Recuadro 9. Ciudad de México: reabastecimiento de los acuíferos de aguas abajo.

INTRODUCCIÓN

La población mundial ha alcanzado los 7,000 millones de habitantes y más personas viven en las ciudades que en las zonas rurales. Por lo tanto, los beneficios de la vida de la ciudad no están disponibles para todos. En algunos lugares, el rápido influjo de la población, los servicios públicos inadecuados y los modelos de planeamiento urbano desactualizados han marginado a una gran cantidad de nuevos arribos de personas que llegan a los asentamientos informales o a los barrios marginales, agravando la inequidad y la pobreza urbana, y comprometiendo los esfuerzos para lograr y sustentar la seguridad hídrica.

El agua es un recurso natural fundamental para las áreas urbanas del mundo en crecimiento. Los usuarios comerciales, residenciales e industriales generan demandas considerables de este recurso, el cual, a menudo, requiere tratamiento, puede estar localizado a gran distancia de la ciudad y, casi siempre, es demandado por múltiples sectores. La escasez hídrica está provocando conflictos relacionados con los derechos hídricos. En las cuencas urbanas, la competencia con la agricultura y la industria se está intensificando conforme las ciudades crecen en número y en influencia política. Con la demanda hídrica industrial y doméstica que se espera que se duplique para el año 2050 (UNDP, 2006), la competición entre las áreas urbanas, periurbanas y rurales probablemente empeorará.

Al mismo tiempo, debido al cambio climático, se espera que eventos climáticos extremos y cada vez más frecuentes alteren la calidad, la cantidad y la estacionalidad del agua disponible para los centros urbanos y sus alrededores. Las ciudades localizadas cerca de cuerpos de agua podrían estar en riesgo de desastres relacionados con el cambio climático. En respuesta a tales amenazas, los encargados de gestionar el recurso hídrico están reevaluando las prácticas convencionales conforme ellos buscan modos eficientes para asegurar el bienestar humano, a la vez que salvaguardan la integridad de la base del recurso.

1.1. Gestión integrada de aguas urbanas

Los objetivos de la gestión de las aguas urbanas consisten en asegurar el acceso a la infraestructura y a los servicios hídricos y de saneamiento, en gestionar las aguas de lluvia, las aguas residuales, las aguas de lluvia en escorrentía y la

contaminación por escorrentía, en controlar las enfermedades transmitidas por el agua y las epidemias, y en reducir el riesgo de amenazas relacionadas con el agua que incluyen inundaciones, sequías y deslizamientos. En todo momento, las prácticas de la gestión hídrica deben prevenir la degradación del recurso.

Las estrategias convencionales de gestión de las aguas urbanas se han esforzado para satisfacer la demanda de agua potable, de saneamiento, de tratamiento de aguas residuales y de otros servicios relacionados con el agua. Sin embargo, algunas ciudades enfrentan ya una grave escasez de agua y el deterioro en la calidad hídrica.

La gestión integrada de aguas urbanas (GIAU) ofrece un conjunto de principios que sustentan una práctica de gestión del recurso mejor coordinada, sensible y sostenible. Es un enfoque que integra los recursos hídricos, los sectores que utilizan el agua, los servicios hídricos y los niveles de gestión hídrica:

- Reconoce fuentes hídricas alternativas.
- Diferencia las calidades y los usos potenciales de las fuentes hídricas.
- Visualiza el almacenamiento, la distribución, el tratamiento, el reciclaje y la eliminación del agua como parte del mismo ciclo de gestión del recurso.
- Busca proteger, conservar y explotar el agua en su fuente.
- Da cuenta de los usuarios no urbanos que dependen de la misma fuente hídrica.
- Armoniza las instituciones formales (organizaciones, legislación y política) y las prácticas informales (normas y convenciones) que gobiernan el agua en las ciudades.
- Reconoce la relación entre los recursos hídricos, el uso de la tierra y la energía.
- Simultáneamente, persigue la eficiencia económica, la equidad social y la sostenibilidad ambiental.
- Fomenta la participación de todas las partes interesadas.

Bajo la GIAU, la gestión de suministro y la gestión de la demanda son elementos complementarios de un único proceso. No existe un modelo de validez general, ni existe ningún método único suficiente. Más bien, la combinación de enfoques refleja las condiciones socioculturales y económicas locales.

La transformación de la práctica institucional arraigada en las grandes ciudades puede ser difícil. Las más grandes oportunidades para la GIAU de alcanzar resultados descansan más bien en las ciudades pequeñas y medianas (menos

de 500,000 habitantes), cuyos efectos sobre los recursos hídricos llegarán a ser cada vez más importantes en las décadas venideras. La introducción de un enfoque diferente para la gestión del recurso en la gobernanza de estas ciudades es posible y beneficiosa.

1.2. Estructura del documento

Una gama de programas recientes —incluido el programa de Gestión Hídrica para la Ciudad del Futuro (conocido como *SWITCH*), el trabajo sobre agua urbana del Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO, la investigación del Banco Mundial sobre los efectos de la urbanización sobre recursos hídricos y la gestión, y la iniciativa Ciudades para el Futuro de la Asociación Internacional del Agua (*IWA*, por sus siglas en inglés)— han experimentado con medidas de gestión de las aguas urbanas guiadas por la demanda, apropiadas para el contexto e integradoras. Este documento contribuye con la literatura al perfeccionar, el concepto de la GIAU.

La sección 2 considera cómo las ciudades están creciendo y cambiando. La sección 3 se centra en las implicaciones de estos cambios para los recursos hídricos urbanos: en el pasado, los esfuerzos de la seguridad hídrica se centraron en la cantidad de agua, pero ahora están surgiendo nuevas preocupaciones acerca de la calidad del agua. Un cambio climático también demanda que la gestión del agua sea abordada de una manera diferente, y la sección 4 sugiere que la GIAU puede contribuir a la capacidad de adaptación de las ciudades a la hora de enfrentar el cambio climático.

La sección 5 considera el cambio desde la gestión hídrica urbana a la GIAU y la sección 6 describe un ambiente propicio para el cambio. La sección 7 detalla los enfoques prácticos para construir ciudades verdes que sean inclusivas, productivas, bien gobernadas y sostenibles. La sección 8 concluye describiendo la promesa de la GIAU. A través de todo este documento, los recuadros presentan estudios de caso que exploran las maneras en las cuales los aspectos de la GIAU han sido puestos en práctica, pues cada ciudad enfrenta un desafío diferente y requiere soluciones apropiadas a su contexto.

2. EL CAMBIANTE CONTEXTO URBANO



La urbanización está claramente en marcha en el Sur Global y los patrones de asentamiento humano se están haciendo cada vez más complejos y más interconectados. De acuerdo con el Fondo de Población para las Naciones Unidas, 3.3 mil millones de personas viven actualmente en ciudades y se espera que este número crezca hasta llegar a 4.9 mil millones para el año 2030 (UNFPA, 2007). Esta expansión se concentrará en África y en Asia donde la población urbana se duplicará entre los años 2000 y 2030. En cambio, América Latina y el Caribe estarán urbanizados en más del 80%. Para el año 2050, se espera que el 70% de la población mundial viva en las áreas urbanas (UN-Habitat, 2009).

Las megaciudades con poblaciones que exceden los 10 millones de habitantes son cada vez más comunes y más grandes (Cohen, 2004). Para el 2025 habrá 27 megaciudades, de las cuales 21 estarán en el Sur Global (PRB, 2012). Ya algunas grandes ciudades y megaciudades están enfrentando graves problemas de agua. Para el año 2030, 47% de la población mundial estará viviendo en áreas de alto estrés hídrico (OECD, 2008). Las megaciudades ubicadas en áreas áridas y semiáridas, que representan una tercera parte del total de los habitantes de las megaciudades del mundo, dependen cada vez más de agua de calidad marginal, la cual la mayoría de la gente considera no utilizable, a menos que se trate primero (Abderrahman, 2000).

En efecto, las megaciudades han ganado mucha de la atención en el debate sobre el desarrollo urbano sostenible. El planeamiento urbano —particularmente en el Sur Global— continúa estando preocupado principalmente con grandes áreas metropolitanas (Cohen, 2004; UN-Habitat, 2009). Aún hoy, 52% de los habitantes de las ciudades del mundo viven en ciudades y pueblos con menos de 500,000 habitantes (UN-Habitat, 2009). Estas son las ciudades que se espera se expandan más rápidamente en la próxima década (UN WWAP, 2009), lo que presenta una oportunidad para integrar la gestión del recurso y la provisión básica del servicio.

Las ciudades con poblaciones entre 2,000 y 50,000 personas requieren infraestructura que no sea ni puramente urbana ni estrictamente rural. En vez de ello, estas ciudades necesitan un enfoque combinado que aborde tanto las áreas centrales (las cuales pueden depender del suministro de agua

potable y de sistemas de alcantarillado) como las áreas periféricas (las cuales pueden requerir tecnologías alternativas). Estas ciudades podrían también experimentar un crecimiento impredecible en la demanda hídrica y en la extensión espacial (*Pilgrim et al., 2007*).

2.1. Expansión de los límites de la ciudad

Los asentamientos informales o de barrios marginales representan el grueso de la expansión urbana en las ciudades de más rápido crecimiento del África Subsahariana (*UN-Habitat, 2008*). Cerca de 830 millones de personas, alrededor de una tercera parte de la población urbana del mundo, vive en condiciones de pobreza.¹ Estos asentamientos tienden a emerger en tierras periféricas que proporcionan a la ciudad servicios fundamentales pero, frecuentemente, no reconocidos, por ejemplo, el control de inundaciones. Aquí, las disposiciones de la tenencia de tierra son, comúnmente, inseguras y la calidad de las viviendas es deficiente (*AfDB, 2011*). Los asentamientos, a menudo, carecen de acceso a la electricidad, a la gestión de desechos sólidos, al saneamiento y al suministro hídrico.

Conforme las ciudades crecen, estas pueden absorber los pueblos periféricos y borrar los límites urbano-rurales (*Cohen, 2004*). Este fenómeno está ejemplificado por las *desakotas* (“ciudades-villa”) del sureste de Asia (*McGee, 1991*) que son áreas económicamente activas ubicadas en las periferias de las ciudades con características urbanas y rurales (*Ginsburg et al. 1991*). Las actividades no agrícolas son las fuentes principales de ingreso para las poblaciones de las *desakotas*. Algunos miembros de estas comunidades trabajan en villas y en industrias artesanales, otros van a trabajar a la ciudad y otros, incluso, están asentados en la ciudad y envían remesas a los miembros de sus familias en la periferia. Mucha de la tierra de estas zonas permanece cultivada, pero existe un cambio desde los cultivos de subsistencia hacia las cosechas con orientación de mercado y de alto valor.

Esta expansión urbana plantea una gama de desafíos para los planificadores urbanos. Ésta causa congestión y degradación ambiental e incrementa los costos de la prestación del servicio (*UN-Habitat, 2009*). En varios países de ingresos medios y bajos la expansión urbana está agravada por la primacía urbana —la tendencia de un segmento significativo de la población nacional a residir en un único centro urbano, a menudo, la capital de la ciudad— (*Cohen, 2004; UN-Habitat, 2009*).

¹ Como se destaca en el discurso inaugural de Anna Tibajuka, Secretaria General Adjunta y Directora Ejecutiva de UN-Habitat, en la Conferencia del Futuro de la Ciudades en *Chatam House*, Londres, el 8 de febrero del 2010.

Si bien, las ciudades tienden a tener mejores instalaciones de saneamiento y fuentes de agua potable que sus contrapartes rurales, ellas luchan por seguir el ritmo del crecimiento y de la expansión de la población (*WHO-UNICEF JMP, 2010*). Como resultado, la población de bajos ingresos de las zonas periurbanas depende de prácticas informales que quedan fuera de las estrategias y mecanismos de apoyo, ya sean políticas de suministro centralizado o enfoques basados en el mercado (*Allen et al., 2006*).

2.2. Consecuencias de la globalización

En la economía global integrada de hoy, con sus innovaciones en las telecomunicaciones y en el transporte, la proximidad espacial no es ya más un prerequisite para la actividad económica, y la desregularización financiera ha hecho móvil al capital (*Cohen, 2004*). Las “ciudades mundo” (*Hall, 1966; Friedmann and Wolff, 1982*) han emergido como centros que proporcionan servicios financieros y otros servicios especializados para compañías y negocios, ambientes para la innovación y la manufactura, y mercados para productos finales (*Sassen, 2001*).

En algunas regiones, los “triángulos de crecimiento” y los “corredores urbanos” están emergiendo como máquinas económicas para cadenas de ciudades. En África del Sur, el corredor Gauteng forma un eje a través de Pretoria, Johannesburgo, Witwatersrand y Vereeniging (*UN-Habitat, 2008*). Los corredores urbanos pueden abarcar las fronteras nacionales: en África Occidental, el corredor Ibadan-Lagos-Cotonou-Lomé-Accra se está desarrollando dentro de una región de megaciudad, ofreciendo sitios para el desarrollo residencial e industrial que están apartados de la contaminación, la congestión y los altos precios de la tierra de los centros urbanos, pero que cuentan ya con acceso y conexiones logísticas a los mercados y a los servicios (*UN-Habitat, 2008*).

En otras partes del mundo —a menudo aquellas con niveles iniciales más bajos de ingreso per cápita— la urbanización aparece menos asociada con el desarrollo económico. En algunos países de África, por ejemplo, la urbanización se describe como algo impulsado por la pobreza, como opuesta a la industrialización y al crecimiento económico (*Cohen, 2004; UN-Habitat, 2008*). En tales áreas, las poblaciones urbanas puede llegar a estar socialmente polarizadas y ciertas comunidades pueden llegar a convertirse en comunidades marginales. Esta situación puede agravarse bajo el actual clima económico global si existe menos financiamiento para los proyectos de desarrollo urbano, los cuales requieren altas cantidades de capital. Adicionalmente, se espera

que el desempleo aumente, particularmente en sectores asociados con áreas urbanas, tales como las finanzas, la construcción, la manufactura, el turismo, los servicios y los bienes raíces. A todo esto, a menudo, le sigue la desigualdad creciente y la pobreza.

2.3. Retos especiales para algunas ciudades

La gestión hídrica a menudo está afectada por la ubicación geográfica de la ciudad. Las ciudades costeras, las cuales representan las tres cuartas partes de todas las grandes ciudades y la mitad de la población mundial (UNEP & UN-Habitat, 2005), a menudo contaminan las aguas locales, salinizan los acuíferos y destruyen los ecosistemas, tales como los manglares que sirven como barreras para la erosión, las marejadas y los tsunamis. Las consecuencias ambientales se extienden más allá de las fronteras de la ciudad misma.

Por ejemplo, en Maputo, Mozambique, la contaminación proveniente de las actividades industriales y de la gestión deficiente del alcantarillado, la destrucción de los manglares y la erosión costera y las actividades agrícolas y de transporte marítimo, amenazan el sector pesquero, el turismo y la calidad de vida alrededor de la bahía de Maputo.

La situación hídrica para las ciudades grandes y en crecimiento llega a ser cada vez más desafiante en las cuencas hídricas compartidas por más de un país. Dos de cada cinco personas se estima que viven en tales cuencas transfronterizas, las cuales abarcan más del 15% de la superficie continental del mundo (UNDP, 2006). Las ciudades ubicadas en cuencas transfronterizas plantean altas demandas de infraestructura hídrica urbana, en aquellos lugares en donde las instituciones de gestión son inadecuadas o no tienen capacidad de respuesta, la integridad de los recursos hídricos se compromete y se pone en peligro la salud pública (Shmueli, 1999). Las ciudades que comparten un cuerpo de agua común, tal como el Lago Victoria en Tanzania, plantean una amenaza especial a la calidad del agua dulce y de los ecosistemas acuáticos. Las ciudades fronterizas son a menudo afectadas por problemas de control de contaminación derivados del crecimiento industrial, la urbanización y la agricultura en las partes altas de la cuenca. Un estimado de 1.4 mil millones de personas viven ahora en las áreas de la cuenca del río que están “cerradas”, o casi cerradas, lo que significa que el uso del agua excede los niveles mínimos de recarga (UNDP, 2006).

3. RECURSOS HÍDRICOS Y URBANIZACIÓN

La disponibilidad hídrica no es tan sólo un asunto de cantidad; la calidad hídrica puede, en igual medida, determinar qué tanto está disponible para usos particulares. Los recursos hídricos urbanos degradados, a menudo causados por tratamientos inadecuados de las aguas residuales, tienen consecuencias para los ecosistemas, para la salud y para los medios de vida que dependen del agua. A través de la historia, el suministro suficiente de agua y la habilidad para manejar los desechos han sido fundamentales para que florecieran los asentamientos urbanos (véase el recuadro 1). Esta sección estudia las relaciones entre los componentes de los sistemas de gestión hídrica.

Recuadro 1. Lecciones del pasado

Los asentamientos humanos son entidades dinámicas, cuyas dimensiones y estructuras cambian con el tiempo. Algunos de los primeros asentamientos urbanos dependían de soluciones descentralizadas y de la reutilización, así como también de la recuperación, de recursos —todas estas, prácticas que hoy son componentes de la GIAU—.

Registros de Grecia muestran que entre el año 300 a. de C. y 500 d. de C., las letrinas públicas drenaban hacia alcantarillados que transportaban desechos y aguas de lluvia a una cuenca de recolección fuera de la ciudad (Mays *et al.*, 2007). Desde allí las aguas residuales eran transferidas a través de un sistema de canales revestidos de ladrillo hasta las tierras de cultivo para irrigar y fertilizar las cosechas y los frutales.

Los romanos construyeron un sistema de alcantarillado central cubierto —la cloaca máxima— cerca del año 600 a. de C. El sistema tenía siete ramales para servir a los clientes a través de Roma a cambio de una cuota de conexión. Los alcantarillados también drenaban las calles durante las lluvias. Aquellos quienes no podían pagar el servicio dependían de contenedores para desechos humanos ubicados en el interior, los cuales eran vaciados en las fosas sépticas públicas. Los contenidos de las fosas sépticas eran vaciados diariamente por trabajadores, quienes eran pagados por la ciudad, y los contenidos se usaban como fertilizante. La orina era recolectada en orinales públicos y vendida a tintoreros, a curtidores y a otros usuarios.

Los conceptos de la gestión, de la reutilización y de los recursos, fueron también familiares en los inicios de la Europa industrial. Varias ciudades alemanas construyeron alcantarillados, los cuales fueron canalizados hacia un sistema de estanques y de campos para la reutilización directa en la agricultura y la acuicultura (Prein, 1990). En el Copenhague de comienzos del siglo XX, un sistema de saneamiento seco sirvió como fuente de fertilizante para la agricultura (Wrisberg, 1996).

Hoy, la gestión hídrica urbana ha llegado a ser más integrada en cuanto a su visión conforme las ciudades lidian con patrones sin precedentes de urbanización y con la expansión desigual continuada de servicios hídricos y de saneamiento, junto con una crisis de calidad hídrica emergente que amenaza la seguridad hídrica en muchas partes del mundo (Corcoran *et al.*, 2010).

3.1. Aguas residuales

Las aguas residuales urbanas representan una carga significativa de contaminación. Donde las instalaciones de saneamiento son inadecuadas, todos los canales disponibles se convierten en un medio de eliminación de aguas residuales. Solamente un estimado del 8% de los habitantes de la ciudad de África usan saneamiento con sistema de alcantarillado (*Strauss, 2006*). El informe del Programa de Monitoreo Conjunto de la OMS-UNICEF (2010) muestra que en el 2008 aproximadamente 255 millones u 84% de los residentes urbanos del África Subsahariana contaban con tecnologías de saneamiento instaladas que consistían, en su mayoría, de letrinas de pozo, inodoros de sifón y tanques sépticos —y estos números están aumentando—. La defecación al aire libre también es común. Consecuentemente, el lodo fecal está degradando los arroyos y los ríos, especialmente en el Sur Global.

La mayoría de las aguas residuales eliminadas permanece sin tratar. Las aguas residuales urbanas llegar a convertirse en algo particularmente peligroso cuando se mezclan con residuos industriales sin tratar, una práctica común en muchas partes del mundo. En la mayoría de las ciudades del África Subsahariana las aguas grises —el agua proveniente de los baños, de las lavanderías, de lavado, que pueden ser utilizadas sin tratamiento para algunos propósitos— se canalizan hacia los drenajes donde se mezclan con aguas de la escorrentía fluvial altamente contaminadas, con desechos sólidos y con excretas provenientes de la defecación al aire libre antes de integrarse a los cuerpos hídricos naturales (*Jiménez et al., 2010*).

El inadecuado tratamiento de las aguas residuales es el principal riesgo para la salud humana en África. En Europa, el flujo de nutrientes hacia las aguas costeras está reduciendo la productividad, creando zonas muertas carentes de oxígeno (*Corcoran et al., 2010*). La contaminación microbiana causada por la exposición a desechos animales, la eliminación inapropiada de aguas residuales y los servicios de saneamiento inadecuados son el contaminante más importante que afecta la salud humana. En efecto, lograr la meta de saneamiento de los Objetivos de Desarrollo del Milenio demuestra ser un desafío mayor que el esperado, y el alcantarillado universal se concibe como un objetivo inalcanzable, incluso a largo plazo.

Entre 1990 y el 2006, la proporción de personas sin saneamiento mejorado bajó tan sólo 8%. En África, aproximadamente 500 millones de personas aún no tienen un saneamiento adecuado (*UN-WWAP, 2009; WHO and UNICEF JMP, 2010*). En Pakistán, tan sólo 2% de las ciudades con poblaciones que

excedían las diez mil personas tenían instalaciones para el tratamiento de aguas residuales; en estas ciudades menos del 30% de las aguas residuales recibían tratamiento. En general, el desarrollo del tratamiento de aguas negras va a la zaga respecto de la extensión de las conexiones del alcantarillado.

En muchas partes del mundo, la regulación de las aguas residuales es complicada por las líneas de autoridad que se superponen entre la salud, la agricultura y el suministro de agua y las agencias de saneamiento. Además, las circunstancias locales a menudo limitan los tipos de tratamiento o las estrategias de reducción de riesgos que pueden ser implantadas de modo realista. En muchas partes del Sur Global, por ejemplo, los sistemas de saneamiento que funcionan con agua y las instalaciones de mitigación de la contaminación pueden no ser sostenibles. Las directrices de la Organización Mundial de la Salud (*WHO, 2006a*) proporcionan un marco de gestión preventivo integrado para la seguridad a lo largo de la cadena que va desde la generación de aguas residuales hasta el consumo de productos que han sido cultivados con las aguas residuales y las excretas, y reconoce que el tratamiento de las aguas residuales es un componente posible en un enfoque integrado de gestión del riesgo. Las tecnologías de tratamiento precisas y costosas, sin embargo, no son universalmente confiables o razonables (*UN-WWAP, 2009*).

3.2. Cantidad de agua

Mundialmente, la agricultura irrigada podría representar entre el 70% y el 80% de las extracciones de agua. El uso industrial (incluida la energía) representa aproximadamente el 20% del total de agua utilizada, sin embargo, este porcentaje está creciendo en las economías que sufren el proceso de urbanización. La proporción del uso doméstico de agua es aproximadamente 10% del total. Con la demanda de agua industrial y doméstica, que se espera que se duplique para el año 2050, (*UNDP, 2006*), la competencia por las fuentes hídricas se intensificará.

Debido a la presión sobre la base del recurso hídrico, el uso de suministros existentes debe llegar a ser más eficiente. Los proveedores del servicio pierden grandes volúmenes de agua por fugas en el sistema de distribución, aproximadamente 32,000 millones de metros cúbicos por año en todo el mundo. Las conexiones ilegales o los recortes en la factura hídrica representan otros 16,000 millones de metros cúbicos por año (*Kingdom et al., 2006*). La diferencia entre el total de agua que se canaliza a través del sistema de distribución y el total que eventualmente llega a los consumidores —y que se les factura— es conocida como agua no facturada.

El costo del agua no facturada para los servicios hídricos se estima en US\$141,000 millones por año en todo el mundo (*Kingdom et al., 2006*). El agua no facturada compromete la viabilidad financiera y, por lo tanto, la continuidad del servicio de una empresa. La reducción de tales pérdidas puede ayudar a extender la cobertura del suministro hídrico urbano y a disminuir la presión sobre los recursos hídricos.

Conforme las ciudades crecen, la tasa de incremento en el consumo de agua rápidamente sobrepasa el crecimiento de la población. Entre 1900 y 1995 el consumo mundial de agua creció seis veces —más de dos veces el promedio de crecimiento de la población— (*WMO, 1997*). Un estudio comparativo de las ciudades mostró que las necesidades hídricas urbanas invariablemente obtenían prioridad sobre las demandas hídricas de las áreas periféricas (*Molle and Berkoff, 2006*).

3.3. Calidad del agua

Los problemas de escasez de agua, agravados por la deficiente calidad hídrica, pueden limitar el volumen de agua disponible para usos específicos. La degradación, a menudo, resulta de la actividad humana —agricultura intensiva, industrias de uso intensivo de recursos y la urbanización acelerada— que distorsiona los ciclos y los procesos hídricos naturales en todo el espectro urbano-rural. En las ciudades, por ejemplo, la concentración de áreas impermeables, generadas por la construcción, significa que menos agua se infiltra hasta las aguas subterráneas. El caudal base de los arroyos es afectado y el volumen de la escorrentía en la superficie se incrementa. Los flujos resultantes de la escorrentía de las aguas pluviales pueden acarrear grandes cantidades de contaminantes, lo cual reduce la calidad del agua (*Palaniappan et al., 2010*).

Las fuentes de contaminación sin origen determinado (por ejemplo, la agricultura o las escorrentías provenientes de la minería) pueden infiltrarse sin ser detectadas en los acuíferos, dañando los ecosistemas de aguas río abajo y las fuentes de agua potable. Los efectos de metales pesados no se limitan a la degradación del suministro hídrico potable río abajo; ellos también pueden afectar la calidad de los alimentos destinados a los mercados urbanos. El uso de efluentes originados en las minas de zinc para la irrigación, por ejemplo, pueden conducir a la acumulación de cadmio en el arroz (*UN-WWAP, 2009*).

Los contaminantes hídricos más comunes son los microbios, los nutrientes, los metales pesados y los químicos orgánicos. La eutrofización es la preocupación

mundial predominante en cuanto a la calidad de agua. Esta es causada por el exceso de concentraciones de nutrientes —principalmente fósforo y nitrógeno— provenientes de la escorrentía de la agricultura, de los desechos domésticos, de los efluentes industriales y de los derivados atmosféricos del uso de combustibles fósiles y de la quema de bosques. El mercurio, el plomo y otros metales pesados provenientes de la industria de las actividades mineras, de las plantas productoras de energía a partir de la combustión del carbón y de los vertederos de basura pueden acumularse en los tejidos de los humanos y de otros organismos. Las sustancias presentes en los fármacos y los productos de cuidado personal —incluidas las pastillas para el control natal, los analgésicos y los antibióticos— están apareciendo en el agua en concentraciones cada vez mayores.

Estos contaminantes emergentes constituyen el próximo desafío para los sistemas hídricos urbanos. Con los avances en la ciencia y la tecnología ha llegado el conocimiento de nuevos contaminantes y de su efecto sobre la salud humana y el ambiente. Un número de contaminantes emergentes (por ejemplo, los químicos que provocan trastornos endocrinos, componentes farmacéuticamente activos, productos de cuidado personal y microorganismos resistentes a los desinfectantes) han sido identificados. Sus efectos a largo plazo sobre los humanos y los ecosistemas son desconocidos, sin embargo, algunos se concibieron para imitar las acciones de las hormonas naturales de varias especies pero causan preocupaciones en la salud pública y del ambiente (UN-WWAP, 2009). Estos contaminantes se concentran más en condiciones donde existan bajos niveles de agua. Conforme avance el conocimiento de los contaminantes emergentes y de sus efectos, se implementarán más estándares de calidad hídrica más rigurosos y, a la vez, se incrementará la presión sobre las empresas de servicios hídricos.

Se dice que el mundo se halla en el umbral de una crisis de calidad hídrica (Corcoran *et al.*, 2010). Sin embargo, los datos globales sobre las cargas de contaminación y los cambios en la calidad del agua no existen en muchas partes del mundo. Por lo tanto, el panorama completo del daño permanece desconocido (UN-WWAP, 2009).

3.4. Servicios ecosistémicos

Los centros urbanos dependen de los humedales y de los ecosistemas acuáticos para los servicios, tales como la producción de oxígeno, el almacenamiento de carbono, la filtración natural de toxinas y de contaminantes y la protección ante inundaciones costeras o deslizamientos y otros desastres relacionados con

las tormentas (*UN-Habitat, 2011*). Los sistemas acuáticos diluyen y transportan la contaminación lejos de los asentamientos humanos, mantienen la calidad de las fuentes de agua dulce y, en algunos casos, remueven de manera permanente los contaminantes de la atmósfera.

Sin embargo, la gestión insostenible de los recursos hídricos y el exceso de contaminación están erosionando estos servicios, comprometiendo los suministros de agua limpia y la producción de alimentos (*UN-WWAP, 2009; Corcoran et al., 2010; Mafuta et al., 2011*). Los ecosistemas de agua dulce están entre los más degradados del planeta (*UNWWAP, 2009*). Debido a la interconectividad de los sistemas acuáticos, los cambios en los ecosistemas acuáticos locales pueden tener consecuencias río abajo.

3.5. Respuestas de las políticas

A pesar de las interconexiones entre la calidad hídrica, el consumo del agua, las aguas residuales, los servicios ecosistémicos proporcionados por los sistemas acuáticos, cada uno de estos temas es frecuentemente abordado de manera independiente (*Van der Merwe-Botha, 2009*). Las estrategias resultantes pueden ser ineficientes e insostenibles. Algunas ciudades, por ejemplo, han creado esquemas de transferencia a gran escala que llevan agua desde la agricultura rural, las reservas ecológicas y los acuíferos alledaños o han construido grandes represas. Donde los ecosistemas han sido degradados, las ciudades a menudo se han orientado hacia soluciones provenientes de la ingeniería —almacenamiento hídrico a gran escala e instalaciones de tratamiento o esquemas de transferencia de cuencas hidrográficas— para compensar la pérdida de servicios. Sin embargo, estos proyectos son costosos y hacen poco para detener el uso del agua insostenible y la contaminación.

Ahora, sin embargo, la recolección y el almacenamiento de las aguas de lluvia, la desalinización y la reutilización de las aguas residuales están obteniendo mayor interés. En efecto, conforme las ciudades agotan sus recursos hídricos más accesibles, su perfil de suministro hídrico llega a ser más diverso (*Asano, 2005*). San Diego de California, Estados Unidos, por ejemplo, obtiene el 85% de su agua de sitios ubicados a miles de kilómetros. Con la demanda hídrica global que se espera que ascienda un 25% para el 2030, San Diego está planificando para, simultáneamente, reforzar sus medidas de gestión de la demanda hídrica y explotar nuevas fuentes, por ejemplo, el agua desalinizada. (Véase la figura 1).

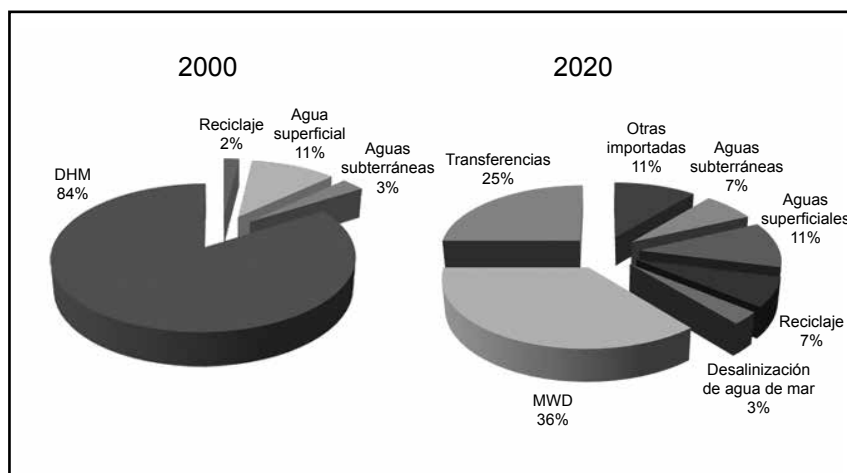


Figura 1. Perfiles de abastecimiento hídrico, pasados y proyectados, de San Diego.

Nota: DHM = Distrito Hídrico Metropolitano

Fuente: Asano, 2005 (after City of San Diego, California)

El agua residual representa una de las pocas fuentes de agua disponibles de manera inmediata, particularmente en áreas áridas y semiáridas (Jiménez *et al.*, 2010; Keraita *et al.*, 2008). El tratamiento de aguas residuales puede remover contaminantes físicos, químicos y biológicos de las aguas residuales. Los efluentes tratados y el lodo de las aguas residuales pueden, entonces, ser descargados de modo seguro o, incluso, reutilizados —para el paisajismo urbano, para usos recreativos y ambientales, para el procesamiento y enfriamiento industriales, para la reutilización potable, para la producción de agua potable indirecta (por ejemplo, a través de la recarga de aguas subterráneas) y para la irrigación agrícola (Asano, 2002).

Aproximadamente 20 millones de hectáreas de tierras agrícolas se encuentran hoy bajo irrigación mediante aguas residuales sin tratar o parcialmente tratadas (Scott *et al.*, 2004; Keraita *et al.*, 2007). Los finqueros obtienen varios beneficios de esta práctica: los flujos de aguas residuales tienden a ser más confiables que las fuentes de agua dulce y la irrigación mediante el uso de aguas residuales incrementa el rendimiento de las cosechas y la variedad de cosechas que pueden producirse, incluidas las cosechas de alto valor, como los vegetales (Keraita *et al.*, 2008; UN-WWAP, 2009). Los esfuerzos por instalar servicios de tratamiento de aguas residuales pueden, por lo tanto, enfrentar resistencia aun cuando la irrigación con aguas residuales pueda causar daños a la salud humana (Bayrau *et al.*, 2009; Obuobie *et al.*, 2006) con sus potencialmente altos niveles de metales pesados, componentes tóxicos orgánicos y patógenos (Abaidoo *et al.*, 2009; Hamilton *et al.*, 2007).

Singapur ha conducido esfuerzos para tratar aguas residuales a un estándar que le permita ser usada como agua potable (véase el recuadro 2). Sin embargo, actualmente el proceso requiere un consumo muy alto de energía (UNEP, 2011), los avances tecnológicos están haciendo de la reutilización potable directa un solución cada vez más rentable (Schroeder et al., 2012).

Recuadro 2. Singapur: estado de la cuestión de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos.

Las soluciones de la gestión hídrica de Singapur han evolucionado durante varias décadas y claramente reflejan sus circunstancias únicas como un pequeño estado ciudad. Sin embargo, los principios que sustentan su gestión hídrica ofrecen lecciones para otras ciudades y países.

El elemento impulsor detrás del esquema de la gestión hídrica de Singapur fue el deseo de reducir la dependencia de los recursos hídricos de la vecina Malasia. Bajo la estrategia de las Cuatro Fuentes Nacionales, Singapur utiliza una gama de medidas para mejorar la eficiencia en el uso del agua, reducir los desechos, diversificar el suministro hídrico y gestionar la demanda hídrica.

Singapur depende de tecnologías avanzadas. La purificación hídrica basada en membranas ha habilitado la producción de agua recuperada a gran escala (*NEWater*). Puesto que la producción comenzó en el 2003, el índice de utilización de *NEWater* para consumo humano y uso no doméstico ha incrementado sostenidamente gracias a su bajo costo y a su alta calidad. La empresa hídrica asegura el suministro confiable basándose en recursos alternativos y suministrando a los clientes tanques de almacenamiento. Sin embargo, el agua recuperada demanda gran cantidad de energía.

Singapur también ha implantado medidas para gestionar la demanda hídrica. Esta se resistió artificialmente bajando el precio del agua para subsidiar a los usuarios de agua de bajos ingresos y, en vez de ello, ofrece asistencia financiera específica en la forma de reembolsos. La empresa hídrica también distribuye dispositivos para el ahorro de agua a las viviendas con un consumo hídrico por encima del promedio. El precio del agua en Singapur permite la recuperación del costo total y también refleja la situación de escasez hídrica y los costos de desarrollar suministros adicionales. El ingreso se canaliza en el desarrollo de tecnologías alternativas de tratamiento y de suministro hídricos, y en mantenimiento de infraestructura. La empresa hídrica, un consejo estatutario bajo el Ministerio del Ambiente y Recursos Hídricos, ha sido fundamental en el aseguramiento del éxito de estas medidas. Este consejo disfruta de un alto grado de autonomía e integra la gestión del suministro hídrico, de la captación del agua y del alcantarillado. La empresa pone en concordancia sus actividades con otras instituciones urbanas que incluyen la Autoridad de Renovación Urbana y el Consejo de Parques Nacionales. El programa de reciclaje hídrico es el resultado de una asociación público-privada.

El compromiso político de alto nivel para integrar la gestión hídrica urbana es otro elemento de éxito. Antes de llegar a ser el primer ministro, Lee Kuan Yew dio prioridad al desarrollo de estrategias de gestión sostenibles de recursos hídricos. Una vez en posesión de su cargo, él estableció una unidad para coordinar temas hídricos y de saneamiento en todos los departamentos gubernamentales. La política hídrica ocupa el lugar más alto de la agenda política y todas las otras políticas de sector fueron sometidas a escrutinio para su alineamiento con el objetivo de seguridad hídrica a largo plazo. El apoyo de Lee ha asegurado una inversión sostenida.

Fuente: ADB, 2010.

3.6. Costos y beneficios económicos

Las pérdidas económicas causadas por la contaminación hídrica y las excesivas extracciones de agua cuestan al Medio Este y a África del Norte aproximadamente 9,000 millones de dólares por año o 2.1% a 7.4% del producto interno bruto (PIB) (*Hussein, 2008*). Además, los costos por desastres, como inundaciones y sequías, como una parte del PIB es marcadamente más alto en los países pobres que en los países ricos (*Delli Priscoli and Wolf, 2009*). La degradación del agua dulce también aumenta los costos para los consumidores, forzando a los proveedores de servicio (ya sean formales o informales) a encontrar fuentes hídricas alternativas. La restauración de los ecosistemas en zonas boscosas y en las cuencas que rodean las ciudades podría proporcionar alternativas más económicas y más eficientes o complementos que sean también más capaces de adaptarse a fenómenos climáticos extremos (*Mafuta et al., 2011*).

Agua y saneamiento inseguros o inadecuados —combinados con prácticas higiénicas inapropiadas— causan unos 1.7 millones de muertes anualmente (*WHO, 2002*). Los contaminantes microbianos y las enfermedades que ellos causan están en la base de la mayoría de las amenazas a la salud impuestas por la deficiente calidad hídrica en el Sur Global. Los costos humanos relacionados con la salud, producto de la deficiente calidad hídrica, pueden ser considerables: las pérdidas económicas (incluidas las pérdidas de productividad y los costos de tratamientos en salud) derivadas de la mortalidad y la morbilidad, causadas por la carencia de agua y de saneamiento en África, han sido estimadas en 28.4 mil millones. Esto equivale a 5% del PIB de África (*WHO, 2006b*).

La recuperación de la inversión en una mejor gestión hídrica varía de acuerdo con la región y la tecnología. La Organización Mundial de la Salud calcula que por cada US\$1 invertido en agua potable segura y en saneamiento básico, los beneficios pueden oscilar entre US\$3 y US\$34 (*Hutton and Haller, 2004*). La salvaguarda de la salud humana y del ambiente, el mejoramiento de la productividad en el puesto de trabajo y la estimulación de la asistencia escolar y el logro educativo (particularmente entre las niñas, quienes emplean mucho de su tiempo recolectando agua) están entre los beneficios de la gestión hídrica sostenible y la provisión de agua segura (*UN-WWAP, 2009*).

4. EL DESAFÍO DEL CAMBIO CLIMÁTICO

La crisis de la gestión hídrica se está desarrollando en el contexto del cambio climático. El más reciente informe de evaluación (2007) del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (*IPCC*, por sus siglas en inglés) denominó a la evidencia hallada para el calentamiento global “inequívoca” y pronosticó un calentamiento de entre 1.8°C a 4°C para el 2100. En las áreas terrestres se podrían experimentar temperaturas más cálidas, ondas de calor más frecuentes, menos precipitación y más precipitaciones intensas. Las áreas afectadas por sequías se espera que crezcan. Algunas regiones experimentarían ciclones tropicales intensos y las áreas costeras enfrentarían una elevación de los niveles del mar. Las zonas costeras de poca elevación representan tan solo 2% del total del área terrestre mundial, sin embargo, albergan un estimado del 13% de su población urbana (*UN-Habitat, 2011*). El recuadro 3 resume los efectos para las principales regiones del mundo.

Recuadro 3. Predicciones climáticas regionales

Conforme aumentan las temperaturas del clima, las regiones central y oriental de África Subsahariana podrían experimentar más inundaciones y daños asociados a la infraestructura de suministro hídrico y de saneamiento. África del Sur, que posee una significativa cantidad de suministro hídrico mediante red de cañerías y alcantarillado, se espera que experimente una disminución en el promedio de precipitaciones. Las áreas urbanas tendrán que gestionar la demanda y reducir las pérdidas por fugas y otros tipos de pérdidas de agua. Una reducción en las precipitaciones también impone una amenaza al Sahel y al suroeste de África Subsahariana.

África del Norte y las regiones mediterráneas orientales —que de por sí son secas— probablemente también experimenten una disminución adicional en sus precipitaciones promedio. La región tiene altos índices de red hídrica por cañería y de alcantarillado y tendrá que evitar índices insostenibles de extracción de aguas subterráneas, particularmente para el suministro hídrico. La desalinización está llegando a ser cada vez más común en estas regiones. Los costos y el suministro energético futuros así como las metas establecidas de emisiones de gases de efecto invernadero, tendrán influencia en la distribución continua de la desalinización para el suministro hídrico.

Probablemente, Asia del Sur vea índices de precipitación elevados y eventos climáticos húmedos de 5 días más intensos. Los riegos consecuentes de las inundaciones tienen serias implicaciones para la mayoría de tipos de suministros hídricos. En cualquier lugar de la región, el agua derretida de los glaciales podría estar amenazada por el calentamiento acelerado.

En América Central y en el noreste de América del Sur se espera que el clima llegue a ser más seco. Simultáneamente, la cobertura de agua potable mediante red de cañerías se espera que se incremente a partir de sus actuales niveles de 75%. La región tendrá que idear estrategias para asegurar el suministro hídrico bajo el riesgo de sequías.

Fuente: WHO and DFID, 2009.

Dadas sus altas concentraciones de población, de Industrias, de infraestructura y de actividad económica, las áreas urbanas enfrentarán amenazas inmediatas y de lenta evolución ocasionadas por el cambio climático (*UN-Habitat, 2011*): interrupciones en el suministro hídrico, en las redes de transporte, en los ecosistemas, en la provisión de energía y en la producción industrial; daño a la infraestructura física, incapacidad para continuar con el suministro de los servicios básicos, colapso de las economías locales, agravamiento de las inequidades urbanas existentes y dispersión de las poblaciones urbanas. Los desastres naturales repentinos desplazaron un estimado de 20 millones de personas en el 2008. Para el 2050, se espera que el número de personas desplazadas por los fenómenos relacionados con el cambio climático se eleve hasta alcanzar los 200 millones (*UN-Habitat, 2011*). Los hogares de bajos ingresos —en los países desarrollados y en los países en vías de desarrollo— son los menos preparados (*UN-Habitat, 2011*).

El agua es el principal conducto de los efectos del cambio climático en las áreas urbanas (*UN-Water, 2010*), y la hidrología del agua dulce estará entre los sistemas más afectados por el cambio climático (*IPCC, 2007*). Hasta hace poco, los problemas urbanos estuvieron por largo tiempo ausentes de las discusiones internacionales sobre las políticas de cambio climático. Ahora, ciudades de todo el mundo están ideando medidas de adaptación y de mitigación que incluyen estrategias para mejorar la capacidad de adaptación de su sector hídrico.

4.1. Cambio climático y suministro hídrico

Al mismo tiempo que aumenta la demanda de agua urbana debido al crecimiento de las poblaciones, los suministros hídricos pueden llegar a ser escasos conforme cambian los patrones de precipitación, los caudales de los ríos y los mantos freáticos (*UN-Habitat, 2011*). Algunos recursos pueden llegar a ser inapropiados para ciertos usos (por ejemplo, la salinidad podría limitar el agua para el uso agrícola), y el costo del tratamiento hídrico podría aumentar (por ejemplo, la eutrofización podría requerir un tratamiento adicional del agua doméstica) (*Sadoff and Muller, 2009*). En algunas megaciudades desérticas de rápido crecimiento y en otras semidesérticas, la escasez hídrica podría ser severa. (*Biswas et al., 2004*).

El cambio climático probablemente afecto las tecnologías de suministro hídrico, principalmente a través de los daños por inundaciones, del aumento de los requisitos de tratamiento y de la reducción de la disponibilidad y de la capacidad operativa. Los períodos secos prolongados aumentarán la

vulnerabilidad de los sistemas hídricos subterráneos poco profundos, de la recolección de aguas de lluvia de los tejados y de las aguas superficiales.

La mayoría de las tecnologías de suministro de agua potable que son vulnerables ante el cambio climático muestran, por lo menos, algún potencial de adaptación. Entre las tecnologías consideradas como mejoradas, según el Programa de Monitoreo Conjunto sobre Suministro Hídrico y Saneamiento de la OMS-UNICEF, los pozos perforados y entubados (usados principalmente en Asia) muestran una capacidad de adaptación relativamente alta al cambio climático. Los manantiales protegidos y los pequeños suministros de agua a través de redes de cañerías parecen tener la capacidad de adaptación en un menor grado; y los pozos excavados y la recolección de aguas de lluvia presentan, incluso, una capacidad de adaptación aún menor. Los suministros hídricos que son gestionados por empresas tienen un alto potencial de recuperación y de capacidad de adaptación —mucho de lo cual aún no es percibido—. Los suministros hídricos que están gestionados por pequeñas comunidades se consideran altamente vulnerables (*WHO and UNICEF, 2009*).

Conforme los patrones de disponibilidad hídrica cambian, el comercio en el agua virtual (productos que hacen uso intensivo del agua) puede incrementarse entre las regiones hídricamente seguras y las hídricamente inseguras. El comercio de agua virtual puede servir para sustentar la seguridad alimentaria transfiriendo la producción de alimentos a áreas de alto potencial. Sin embargo, las fluctuaciones recientes en los precios de los alimentos han puesto de relieve el problema de acceso a los alimentos básicos (*Sadoff and Muller, 2009*).

4.2. Cambio climático y saneamiento

El cambio climático puede afectar el saneamiento de modo directo cuando el agua sea esencial para el proceso (por ejemplo, en el alcantarillado) o de modo indirecto si los ecosistemas son menos capaces de absorber o de mitigar los desechos. En áreas secas, los sistemas de alcantarillado dependientes del agua llegarán a ser más difíciles de operar y de mantener.

En aquellos lugares donde se incremente la intensidad de las precipitaciones y de las inundaciones, el cambio climático impondrá costos adicionales sobre los drenajes para canalizar las escorrentías de aguas de lluvia, las represas y diques, y podría hacer que ciertas áreas se vuelvan inhabitables. Las inundaciones podrían dañar los alcantarillados. En ciudades con sistemas combinados de alcantarillado y de canalización de la escorrentía de las aguas

de lluvia, las inundaciones podrían superar la capacidad de las instalaciones de tratamiento y crear riesgos para la salud pública (Tucci, 2009). Los niveles crecientes de las aguas subterráneas podrían dificultar el manejo de la contaminación ocasionada por las letrinas de foso (WHO and DFID, 2009). Las inundaciones podrían también contaminar los suministros hídricos, lo cual llevaría a incrementar la incidencia de enfermedades diarreicas y respiratorias (UN-Habitat, 2011).

De las tecnologías de saneamiento clasificadas como mejoradas, según el Programa de Monitoreo Conjunto sobre Suministro Hídrico y Saneamiento de la OMS-UNICEF, las letrinas de foso tienen más capacidad de adaptación debido a que ellas pueden ser rediseñadas. Las instalaciones individuales, en general, tienen menor capacidad de adaptación. Sin embargo, en lugares donde los niveles de las aguas subterráneas suben, la contaminación proveniente de las letrinas de foso llega a ser más difícil de controlar. Los sistemas de alcantarillado modificados que incluyen opciones simplificadas, tales como sistemas de alcantarillados para efluentes líquidos, de alcantarillados simplificados y de alcantarillados en condominio son usualmente menos costosos que los alcantarillados tradicionales, funcionan con menos agua y se espera que sean más capaces de adaptarse ante una gama más amplia de escenarios climáticos.

“Déficit de adaptación” se refiere a la falta de adecuación de la infraestructura urbana. En algunos países en desarrollo, a la hora de enfrentar las condiciones actuales, se abandonan los nuevos desafíos impuesto por el cambio climático (UN-Habitat, 2011). Muchos barrios marginales carecen de redes de drenaje o los drenajes existentes están obstruidos con basura. Las altas precipitaciones pueden disparar las inundaciones con las aguas residuales sin tratar provenientes de los drenajes desbordados (Twumasi and Asomani-Boateng, 2002).

En muchos países, las infraestructuras de almacenamiento, de tratamiento y de transporte y de distribución están llegando al fin o ya han excedido su vida útil de diseño. Esta infraestructura en deterioro plantea riesgos a la salud humana y del ambiente y a la propiedad pública y privada, lo cual tiene grandes efectos sobre las economías locales. El cambio climático agobiará aún más estos sistemas (Khatri and Vairavamoorthy, 2007).

La tabla 1 muestra los diferentes riesgos climáticos que las ciudades probablemente enfrenten junto con sus efectos sobre los sistemas urbanos.

Tabla 1: Riesgos climáticos y sus efectos sobre los sistemas urbanos

Riesgo climático	Efecto	Sistema vulnerable	Posibles consecuencias
Descenso en la precipitación	Escasez de agua	Suministro de agua	Escasez de agua para viviendas, industrias y servicios.
		Salud humana	Malnutrición e incremento de las enfermedades transmitidas por el agua.
		Reducción de alimentos	Disponibilidad reducida de agua para la irrigación y disminución del rendimiento: alimentos importados.
		Zonas verdes urbanas	Biodiversidad y servicios ecosistémicos reducidos.
	Reducción en los caudales de los ríos.	Suministro de energía	Potencial de generación hidroeléctrica reducido: alteración de los sistemas de enfriamiento de las plantas de generación de energía térmica.
		Producción de alimentos	Efecto negativo sobre el sector pesquero de la costa debido al descenso en el flujo de sedimentos y de nutrientes.
Incremento de la precipitación	Inundaciones	Suministro de agua	Interrupción del suministro público de agua.
		Aguas residuales	La inundación de instalaciones daña y contamina los cuerpos de agua.
		Transporte	Daños a la infraestructura de transportes.
		Ambiente construido	Alteración de los asentamientos, el comercio, el transporte y las sociedades: pérdidas de propiedad.
Temperaturas más altas	Incremento de la erosión y el transporte de sedimentos	Suministro de agua (embalses)	Sedimentación y reducción de la capacidad de almacenamiento hídrico e incremento de la turbiedad.
	Concentraciones reducidas del oxígeno del agua y mezcla alterada.	Suministro de agua (lagos, embalses)	Calidad de agua reducida (por ejemplo, floraciones de algas: incremento en los requerimientos de tratamiento).
	Cambios en la nieve y en la cobertura de hielo.	Suministro de agua (ríos)	Cambio en la sincronización y la magnitud del flujo máximo.
	Incremento del contenido bacteriano y fúngico del agua.	Suministro de agua (infraestructura)	Aumento en los requerimientos de tratamiento para eliminar el olor y el sabor.
Aumento en el nivel del mar	Intrusión de agua salada en los acuíferos costeros.	Suministro de agua (aguas subterráneas)	Disminución de la disponibilidad de agua dulce debido a la intrusión de agua salada: abandono de la fuente de agua.
	Marejadas, inundaciones	Todos	Daño a toda la infraestructura costera: costos de protección costera frente a los costos de reubicación del uso de la tierra: potencial para el movimiento de la población y de la infraestructura.

Fuentes: IPCC, 2007; Loftus, 2011.

4.3. Contribuciones urbanas al cambio climático

Los centros urbanos afectan el ciclo del carbono y el sistema climático al emitir gases de efecto invernadero y al generar desechos sólidos, así como también, a través de sus patrones de uso de la tierra. El tratamiento de las aguas residuales es una fuente de emisiones de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso (*WHO and DFID, 2009*). Se prevé que las emisiones de metano provenientes de las aguas residuales se eleven en casi el 50% entre 1990 y 2020 (no obstante, en la actualidad es relativamente menor) y el incremento en el óxido nitroso se estima en 25% (*IPCC, 2007*).

Los asentamientos informales y los barrios marginales, que tienden a surgir cerca de ríos, de arroyos y de las costas, que ofrecen acceso informal al agua, pueden alterar los sistemas acuáticos y privar las ciudades de los servicios ecosistémicos fundamentales, por ejemplo, el control de las inundaciones. Con el incremento paralelo de las áreas construidas y la consecuente impermeabilidad de las superficies terrestres urbanas, la infiltración natural y las escorrentías de aguas de lluvia se alteran (*Tucci, 2009*).

En el 2011, por ejemplo, las intensas lluvias monzónicas y las tormentas tropicales sucesivas causaron inundaciones prolongadas en Bangkok. Durante años, la rápida urbanización y el desarrollo en la ciudad y en sus alrededores habían reducido las áreas de retención de inundaciones y las planicies aluviales (*UN-WWAP, 2009*). La ciudad está localizada en un delta plano y pantanoso y varios de sus vecindarios están situados bajo el nivel del mar, haciendo que esta ciudad esté entre las capitales más vulnerables del sureste asiático (*Yusuf and Francisco, 2009*). El caso de Bangkok ilustra la batalla que muchas ciudades —particularmente en el Sur Global— enfrentan al asegurar que el crecimiento urbano no socave la protección ambiental ni la seguridad pública.

Las ciudades también contribuyen a generar emisiones de gases de efecto invernadero fuera de sus fronteras a través de su expansión y del consumo. Conforme las ciudades se expanden hacia las áreas aledañas, a menudo sobre tierra que anteriormente estuvo cubierta de vegetación, la absorción de dióxido de carbono se reduce. La dependencia de las ciudades de los bosques cercanos, de las tierras de cultivo y de las cuencas para los bienes de consumo, alimentos y agua conduce a generar emisiones de gases de efecto invernadero en las áreas de apoyo periféricas. (*UN-Habitat, 2011*).

La cuantificación de la contribución exacta de las ciudades al cambio climático sigue siendo difícil. Varias organizaciones han desarrollado marcos

y estándares para que las ciudades calculen el volumen de emisiones de gases de efecto invernadero producido dentro de sus fronteras.² De acuerdo con las recientes estimaciones, las ciudades representan entre 75% y 80% de las emisiones de carbono (*Kamal-Chaoui and Robert, 2009; World Bank, 2010*).

Los sectores industriales y las corporaciones individuales están empezando a realizar inventarios de las emisiones de gases de efecto invernadero para valorar los efectos de sus actividades sobre el ambiente. Aún quedan preguntas sin responder, incluida la relativa a la elección entre mediciones basadas en la producción o basadas en el consumo y la delimitación de las fronteras urbanas para los propósitos del cálculo de emisiones (*UN-Habitat, 2011*).

4.4. Opciones de respuesta

Muchas de las primeras investigaciones y políticas de cambio climático separaron la mitigación (restricción de las actividades antropogénicas que intensifican el cambio climático) de la adaptación (preparación para las consecuencias). Sin embargo, cada vez más, ellas se interconectan y deben ser puestas en concordancia con los objetivos más amplios de desarrollo sostenible (*McEvoy et al., 2006; World Bank, 2010*). El análisis de las medidas propuestas puede revelar las sinergias potenciales, los conflictos y las concesiones.

La restauración de las áreas verdes urbanas, por ejemplo, funciona como mitigación urbana y adaptación urbanas: no solamente estas áreas absorben carbono sino que ellas también protegen las áreas urbanas de daños asociados con los fenómenos climáticos extremos (*UN-Habitat, 2011*).

La acción comprensiva para lidiar con el cambio climático debe responsabilizarse de las escalas temporal y espacial en las cuales ocurre la mitigación y la adaptación: las medidas de mitigación tienden a ser conducidas por las obligaciones internacionales y las metas nacionales, con beneficios a largo plazo; la adaptación tiene un carácter más local e inmediato. La alta concentración de personas y de actividad económica en las ciudades hace que los programas de mitigación y adaptación sean tanto factibles como necesarios. Sin embargo, los esfuerzos para reducir la intensidad del carbono de los sistemas hídricos y de saneamiento urbano han sido comparativamente poco comunes, y los sistemas hídricos urbanos a prueba del clima han dejado rezagadas prioridades de gestión hídrica urbana más urgentes, tales como la expansión de la cobertura y la detención de pérdidas del agua no

² Véase, por ejemplo, el marco de los Gobiernos Locales para la Sostenibilidad (Protocolo internacional de análisis de emisiones de GEI de los gobiernos locales) y el Estándar Internacional para el Cálculo de las emisiones de gases de efectos invernadero para las ciudades.

contabilizada. Los esfuerzos para lidiar con la variabilidad hidrológica y climática inmediata y extrema están a menudo “en las etapas más preliminares y son, frecuentemente, de carácter puntual por naturaleza” (*Danilenko et al., 2010*).

La preparación ante el cambio climático requiere un enfoque integrado. Para determinar la vulnerabilidad climática y para mejorar la capacidad de adaptación, por ejemplo, los planificadores deben contemplar la gestión hídrica urbana en conjunción con el entorno regional urbanizado, las políticas de control de contaminación y la gestión de los desechos sólidos y de la escorrentía de las aguas de lluvia. Para actualizar el estado de la preparación, ellos deben comprender la disponibilidad de recursos, anticipar la demanda, encontrar soluciones para la infraestructura, supervisar procedimientos operativos y procesos de planificación y adoptar las acciones correctivas.

Varias ciudades en todo el mundo están comenzando a gestionar sus sistemas hídricos teniendo en cuenta el cambio climático (véase el recuadro 4).

Recuadro 4. Seattle, Melbourne y Manila: la adaptación al cambio climático y su mitigación.

La empresa pública de Seattle (Washington, EE. UU.), se alió con la Universidad de Washington para desarrollar métodos que den cuenta del cambio climático en los procesos de planificación de la empresa. Este hecho ha involucrado la reducción a escala de modelos del clima para el nivel de cuenca local y el modelado de la hidrología y de los sistemas de las cuencas. Los análisis se actualizan conforme estén disponibles nuevos datos. Esta empresa de servicios ha patrocinado investigaciones adicionales con la *Cascade Water Alliance*, con el Departamento de Ecología del Estado de Washington y con la autoridad metropolitana local para estudiar el potencial para las mejoras operativas en sus sistemas.

El *Global Warming Action Team*, formado en el 2005, incluye representantes de la oficina de presupuesto, de los departamentos de planeamiento hídrico, de desechos sólidos y de otros departamentos. De esta manera, las autoridades han sido capaces de recopilar las consecuencias acumulativas del cambio climático a través de los sectores urbanos y dar cuenta de ellas en el plan climático del condado (*Danilenko et al., 2010*).

Melbourne Water (en Victoria, Australia) está procurando mejorar las medidas de sensibilidad, extraer lecciones de escenarios de alto riesgo y de escenarios de los peores casos posibles y minimizar las incertidumbres en las proyecciones climáticas e hidrológicas. También está explorando la desalinización, el reciclaje y la fijación de precios como vías para mejorar la capacidad de adaptación del suministro hídrico de la ciudad con nuevos criterios de planificación y opciones políticas que tengan beneficios garantizados. Puesto que el sureste de Australia ha sufrido sequías por más de una década, la ciudad ya cuenta con una campaña de concienciación pública que distribuye información sobre conservación de agua, informa sobre los niveles de los ríos y volúmenes de los embalses y hace publicidad a través de una serie de medios tradicionales de comunicación, que incluye los taxis de la ciudad, para influir en el comportamiento del consumo de agua del público. Tanto en Melbourne como en Seattle se

Recuadro 4. Cont.

utilizó la difusión pública para comunicar los posibles efectos del cambio climático sobre los sistemas hídricos urbanos a diferentes grupos de partes interesadas y para involucrarlos en el proceso de idear las medidas de adaptación apropiadas.

Probablemente, Melbourne experimente reducciones adicionales en los niveles de lluvia, lo que lleva a una disponibilidad y a un suministro hídrico reducido. Debido a que la ciudad no recibe subsidios del gobierno federal o estatal para adaptar su sistema de suministro hídrico al cambio climático, todos los esfuerzos son financiados a través de los cobros hechos a los consumidores de agua. (Danilenko et al., 2010).

La compañía hídrica de Manila (Filipinas) hace hincapié en la mitigación dentro de su política de cambio climático lanzada en el 2007. Esta empresa está ideando un plan de gestión de carbono para mejorar la eficiencia de la energía y usar más fuentes de energía renovable en sus operaciones. El proyecto de esta empresa, de convertir desechos en energía, recuperará energía del lodo de las aguas residuales y lo utilizará para hacer funcionar la planta de tratamiento de aguas residuales de Ayala Sur, localizada en la ciudad de Makati del área metropolitana.

Las medidas de adaptación oportunas permitirán a las ciudades reducir los costos y los desafíos técnicos asociados a la remodelación de los edificios, al cambio de la infraestructura y al ajuste de los planes de uso de la tierra como respuesta al cambio climático. El gobierno local tiene un rol fundamental que jugar en la instalación y mantenimiento de la infraestructura y servicios que sean a prueba del clima. Sin embargo, en muchas partes del mundo, los gobiernos locales carecen de los recursos necesarios y de la capacidad institucional. Bajo estas circunstancias, las medidas de adaptación basadas en la comunidad deben fundamentarse en la capacidad adaptativa local. Ni los enfoques basados en el gobierno ni los basados en la comunidad, por sí mismos, son suficientes; las respuestas de adaptación eficaces necesitan la participación de una amplia diversidad de partes interesadas (UN-Habitat, 2011).

5. DE USUARIO DEL RECURSO A GESTIONADOR DEL RECURSO



Los planificadores urbanos se enfrentan a una elección en su enfoque futuro de los recursos hídricos: sus ciudades pueden llegar a ser cada vez más dependientes de las áreas de apoyo rural y hacer crecer su “sombras” urbanas dañando potencialmente la producción de alimentos, los flujos de nutrientes y los recursos hídricos; o, ellas pueden cambiar de ser usuarias de los recursos a gestionadoras de estos, alterando sus patrones de consumo, su gestión de los desechos y su planificación para equilibrar mejor los flujos de recursos desde y hacia las ciudades.

Esta sección delinea el cambio que se requiere para guiar de la manera más sostenible, la gestión hídrica para las ciudades y sus alrededores.

5.1. Gestión hídrica urbana convencional

La gestión hídrica urbana procura asegurar el acceso a la infraestructura y a los servicios hídricos y de saneamiento. Esta debe también gestionar las aguas de lluvia, las aguas residuales, el drenaje de la escorrentía de las aguas pluviales y la contaminación causada por la escorrentía, a la vez que debe controlar las enfermedades y las epidemias transmitidas por el agua, mitigar las inundaciones, las sequías y los deslizamientos y prevenir la degradación del recurso.

A pesar de que las estrategias de gestión hídricas urbanas convencionales no han sido capaces de responder a las demandas existentes, en el futuro se le pedirá más a la gestión hídrica urbana. Dados los desafíos que impone el crecimiento urbano y el cambio climático, la práctica convencional de la gestión hídrica urbana resulta desactualizada. Su tradición de gestionar los elementos del sistema hídrico urbano como servicios aislados, ha llevado a un “metabolismo” urbano desequilibrado (Novotny, 2010) y ha separado los problemas hídricos urbanos de los procesos de planeamiento urbano más amplios.

En el pasado, el suministro hídrico, el saneamiento, el tratamiento de las aguas residuales, el drenaje de las escorrentías pluviales y la gestión de los desechos sólidos han sido planeados y prestados ampliamente como servicios aislados. Una diversidad de autoridades, cada una guiada por distintas políticas

e instrumentos legales, continúa supervisando los subsectores hídricos en el nivel de la ciudad. El modelo tradicional de gestión hídrica urbana ha fallado al distinguir entre las diferentes cualidades del agua y en identificar los usos para ellas. Como resultado, el agua de alta calidad ha sido canalizada hacia necesidades hídricas urbanas indiscriminadas (*Van der Steen, 2006*). Este problema no está confinado a las fronteras de la ciudad: la gestión a nivel de cuenca, a menudo, niega el reconocimiento de las interdependencias entre los diferentes niveles en agua dulce, aguas residuales, control de inundaciones y la escorrentía de aguas pluviales (*Tucci et al., 2010*). El agua se extrae de fuentes superficiales y se envía a las áreas urbanas donde esta se usa y se contamina, luego se recalifica —a menudo sin tratar— río abajo.

A menudo, los temas hídricos permanecen desconectados de los procesos de planeamiento urbano más amplios. Este problema es particularmente evidente en países en vías de desarrollo donde el desarrollo urbano moderno asociado al diseño de asentamientos humanos físicos y a los esquemas de zonificación del uso de la tierra aún continúan predominando (*UN-Habitat, 2009*). Los esfuerzos del pasado se concentraron en contener la expansión urbana, un rumbo que es relevante para ciudades de baja densidad y bajo crecimiento, pero inapropiado para centros de rápido crecimiento y de alta densidad en muchas regiones en desarrollo (*Angel et al., 2011*). Este modelo ha demostrado ser elitista: falla al dar cuenta del gran número y de la elevada pobreza de los nuevos arribos. Donde marcos alternativos están implementados, las autoridades de la ciudad y los gestores municipales, frecuentemente, carecen de la capacidad institucional requerida para implementarlos. El resultado: asentamientos informales y expansión periurbana.

5.2. Gestión integrada de aguas urbanas

Las transiciones urbanas que actualmente están en marcha —y sus repercusiones más allá de los límites de la ciudad— significan que los centros urbanos son unidades fundamentales de la gestión hídrica. Claramente se necesita un nuevo enfoque.

La gestión integrada de agua urbana no es un conjunto de soluciones rápidas para los problemas aislados de la gestión hídrica urbana. En vez de ello, esta recontextualiza una relación de la ciudad con el agua y con otros recursos, y reconceptualiza los modos en los cuales ellas pueden ser supervisadas.

En esencia, la GIAU:

- comprende todos los recursos hídricos de una estructura de captación urbana: agua azul (aguas superficiales, aguas subterráneas, aguas transferidas, agua desalinizada), aguas verdes (agua de lluvia), aguas negras, marrones, amarillas y grises (aguas residuales), aguas recuperadas, escorrentía de aguas pluviales y agua virtuales;
- hace corresponder la calidad de diferentes fuentes (aguas superficiales, aguas subterráneas, diferentes tipos de aguas residuales, aguas recuperadas y escorrentía de aguas pluviales) con la calidad requerida para diferentes usos;
- considera el almacenamiento del agua, la distribución, el tratamiento, el reciclaje y la eliminación como un ciclo, en vez de concebirlo como actividades discretas; y, de acuerdo a eso, planea la infraestructura;
- planifica la protección, conservación y explotación de los recursos hídricos en sus fuentes;
- toma en cuenta a los otros, a los usuarios no urbanos que hacen uso de los mismos recursos hídricos;
- reconoce y procura poner en concordancia la diversidad de instituciones formales (organizaciones, legislación y políticas) e informales (normas y convenciones) que gobiernan el agua en las ciudades y la gobiernan para estas; y,
- busca equilibrar la eficiencia económica, la equidad social y la sostenibilidad ambiental.

La tabla 2 compara la práctica del pasado con el nuevo enfoque.

Tabla 2: Comparación de la gestión hídrica urbana y de la gestión integrada de aguas urbanas.

Gestión hídrica urbana del pasado	La GIAU futura
Los sistemas hídricos y de aguas residuales se basan en los registros históricos de precipitaciones.	Los sistemas hídricos y de aguas residuales dependen de múltiples fuentes de datos y de técnicas que se acomodan a grados mayores de incertidumbre y de variabilidad.
El agua sigue una sola vía desde el suministro hasta su uso particular, su tratamiento y su eliminación.	El agua puede ser recuperada y reutilizada múltiples veces, con una calidad que va desde un nivel más alto a un nivel más bajo.
El agua de lluvia es un problema para ser canalizada rápidamente desde las áreas urbanas	El agua de la lluvia es un recurso que ha de ser captado como suministro hídrico e infiltrado o retenido para apoyar los acuíferos, los canales navegables y la vegetación.
Los desechos humanos son un problema para ser tratados y eliminados.	Los desechos humanos son un recurso que ha de ser captado, procesado y usado como fertilizante.
Los enfoques lineales utilizan sistemas discretos para recolectar, tratar, usar y eliminar el agua.	Los enfoques centrados en la restauración y regeneración ofrecen sistemas integrados para proporcionar agua, energía y recuperación de recursos ligados con el diseño del uso de la tierra, la regulación y la salud comunitaria.
La demanda iguala la cantidad. La infraestructura se determina por el total de agua requerida o producida para los usuarios finales. Toda el agua que se oferta se trata para cumplir estándares potables; todas las aguas residuales se recolectan para su tratamiento.	La demanda es multifacética. La infraestructura hace corresponder las características del agua requerida o producida para usuarios finales en cantidad, calidad y nivel de confiabilidad suficientes.
La infraestructura gris se construye de concreto, metal o plástico.	La infraestructura verde incluye el suelo y la vegetación, así como concreto, metal y plástico.
Cuanto más grande, es mejor; el sistema de captación y la planta de tratamiento están centralizados.	Lo pequeño es posible; los sistemas de captación y las plantas de tratamiento podrían estar descentralizadas.
Las soluciones estándar limitan la complejidad; la infraestructura hídrica consiste de tecnologías de "sistemas duros" desarrollados por profesionales hídricos urbanos.	Las soluciones pueden ser diversas y flexibles; las estrategias de gestión y las tecnologías combinan sistemas duros y blandos ideados para una amplia diversidad de expertos.
Las empresas de servicio dan seguimiento solamente a los costos y se enfocan en la contabilidad.	Las empresas de servicio evalúan la diversidad total de beneficios provenientes de las elecciones en inversión y en tecnología y se centran en la creación de valor.
El estándar es un juego de herramientas normal.	Un juego de herramientas de opciones ampliado incluye alta tecnología, baja tecnología y los sistemas naturales.
Las instituciones y las regulaciones bloquean la innovación.	Las instituciones y las regulaciones fomentan la innovación.
El suministro hídrico, las aguas residuales y los sistemas de aguas de lluvia son físicamente distintos. La integración institucional ocurre por accidente histórico.	El suministro hídrico, las aguas residuales y los sistemas de aguas de lluvia están intencionalmente vinculados. La integración física e institucional se sustenta a través de la gestión coordinada.
La colaboración equipara las relaciones públicas. Otras agencias y el público llegan a involucrarse solamente cuando se requiere una solución de aprobación determinada.	La colaboración equipara la participación. Otras agencias y el público están involucrados activamente en la búsqueda de soluciones eficaces.

Fuentes: Moddemeyer, 2010; Pinkham, 1999.

Inserta dentro del marco más amplio de la gestión integrada de recursos hídricos (GIRH), la GIAU puede contribuir a la seguridad hídrica en una cuenca o en una estructura de captación poniendo en concordancia el sector hídrico urbano con el suministro hídrico rural, la agricultura, la industria y la energía. De este modo, la GIAU no es un fin en sí misma. Más bien, es un medio para supervisar un subsistema de una cuenca para mejorar la disponibilidad de agua y el acceso a este recurso, y a minimizar los conflictos relacionados con el uso.

5.3. Hacia un marco para la gestión integrada de las aguas urbanas

El marco para la GIAU se basa en un modelo de ciclo hídrico urbano integrado (véase la figura 2) que incluye enfoques de ingeniería del sistema. Este incluye tanto flujos hídricos urbanos “estándares” (agua potable, aguas residuales y escorrentía), como su integración a través de los esquemas de reciclaje (aguas grises, aguas recuperadas y la captación de aguas de lluvia).

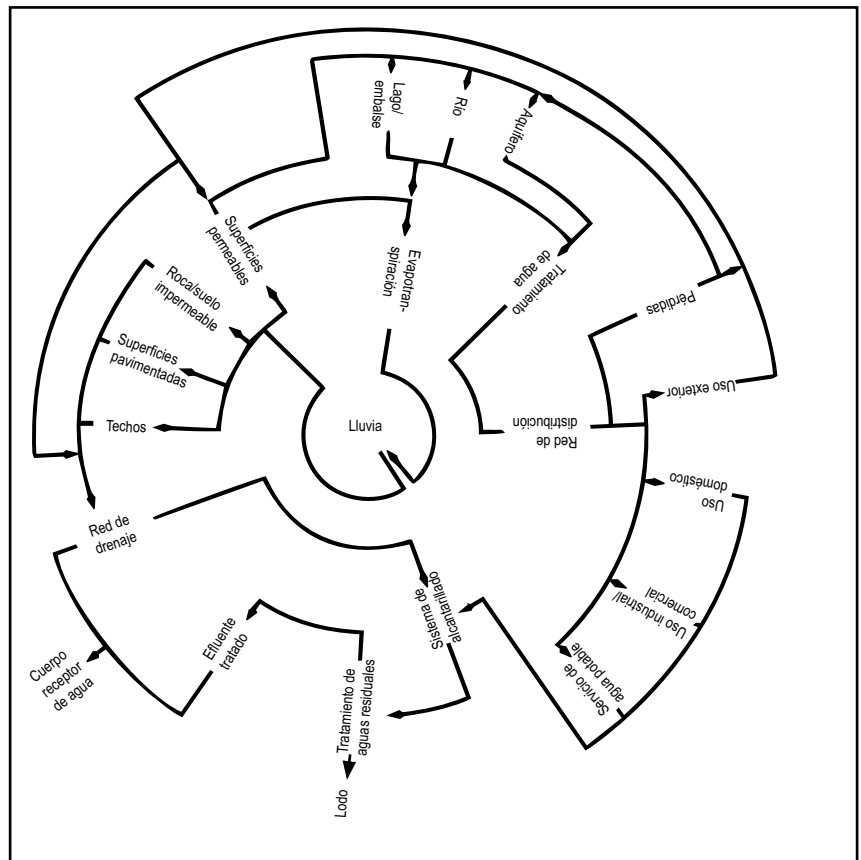


Figura 2. Modelo del ciclo integrado de aguas urbanas
Fuente: SWITCH, 2011.

Los vínculos entre los flujos de los recursos urbanos como el agua, la energía y los nexos de nutrientes tienen que ser considerados en el modelo integrado (véase la figura 3). El enfoque de sistemas no se limita a las características físicas del ciclo hídrico urbano, sino que también incluye estructuras institucionales, financieras y políticas (véase la figura 4). De este modo, los humanos y sus diversas formas organizativas son elementos integrales del sistema hídrico urbano (*van der Steen and Howe, 2009*). Las fronteras del modelo del sistema para la GIAU deberían ser lo suficientemente amplias para evitar externalidades. Las fronteras del sistema demasiado estrechas podrían resultar en una suboptimización peligrosa de subsistemas individuales.

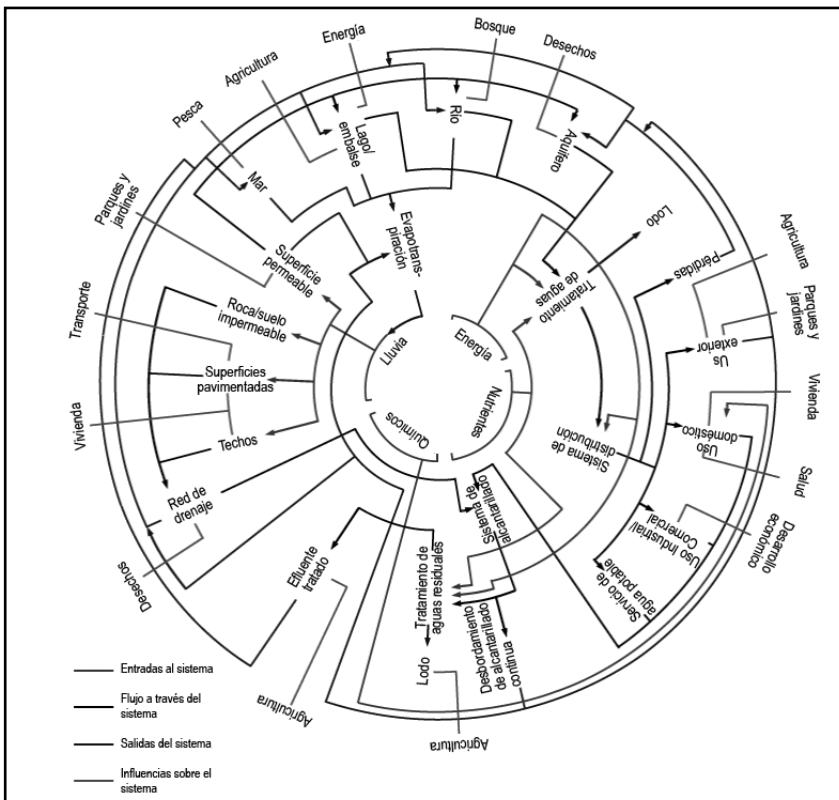


Figura 3. Integración de diferentes servicios urbanos

Fuente: SWITCH, 2011.

El marco hace hincapié en los vínculos dentro del ciclo hídrico urbano.

Cuando se ignora, las interacciones entre los diferentes elementos del ciclo hídrico urbano pueden afectarse mutuamente de manera negativa mientras que, al mismo tiempo, las sinergias positivas se pueden perder. Para capturar las interacciones y los vínculos complejos se requieren las herramientas

de modelado para la GIAU con el fin de predecir los efectos de posibles intervenciones en todo el sistema. Existe un número de diferentes modelos de apoyo y de alcances para las decisiones (por ejemplo, *CITY WATER*, *AQUACYCLE*, *UVQ UWOT*, *MULINO*, *HARMONIT*, *DAYWATER*) que pueden apoyar a la GIAU habilitando la valoración de equilibrios dinámicos del agua, de energía y de contaminantes en el ámbito de la ciudad. Estas herramientas se han diseñado para proporcionar una guía sobre los efectos potenciales a corto y a largo plazo de las tecnologías innovadoras y de los sistemas para gestión hídrica urbana (Bates et al., 2010) y pueden ayudar a identificar configuraciones de sistema que minimicen el consumo de agua, los costos y la energía.

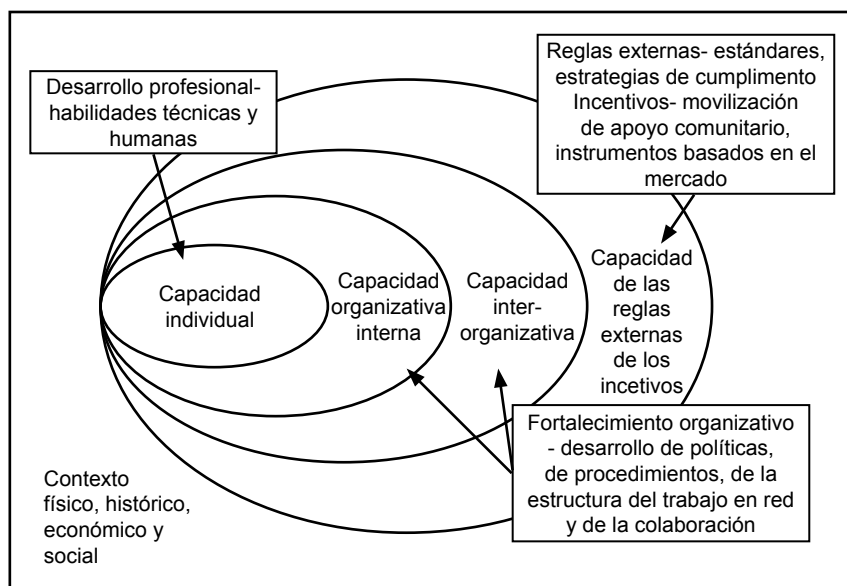


Figura 4. Marco para la integración institucional.

Fuente: Brown et al., 2006

No existe ningún modelo de la GIAU que tenga validez general. Quienes gestionan el agua deben considerar las implicaciones de la elección de una escala: por ejemplo, ¿cuándo pueden las estructuras de captación o las cuencas ser de escalas útiles o apropiadas para su uso?, y, ¿cuándo las municipalidades o las regiones constituyen la mejor opción? ¿Qué decisiones se toman de la mejor manera a escala de la estructura de captación o de cuenca y qué decisiones se toman mejor a otras escalas? Existen varias opciones de límites que dependen de los factores naturales y sociales. Sin embargo, cada una de ellas presentará niveles insertos de gestión en las municipales, las cuencas, los países y las regiones.

La tabla 3 proporciona un ejemplo de los objetivos y de las herramientas prácticas las cuales pueden ser alcanzadas en los diferentes niveles de gestión.

La investigación sobre el logro de la sostenibilidad en el sector hídrico urbano de Australia ha producido una tipología de “estados de transición” que se muestra en la figura 5. Si bien, las investigaciones son cuidadosas al hacer

Tabla 3. Objetivos y herramientas de la GIAU en diferentes niveles de gestión.

Nivel	Objetivos	Herramientas
Vivienda, comunidad	<i>Ahorrar suministros.</i>	Reciclaje interno en fábricas y hogares. Captación de aguas de lluvia. Bienes de consumo duraderos hídricamente eficientes.
	<i>Satisfacer las necesidades básicas.</i>	Redes comunitarias a pequeña escala. Autorización de vendedores privados.
Municipalidad, ciudad, empresa de servicio	<i>Ahorrar suministros y reasignar suministros.</i>	Control de fugas y mantenimiento de la red. Reutilización planificada a escala urbana. Suministros duales. Tarifas basadas en el costo y medición del consumo. Modernización del equipo de uso hídrico.
	<i>Mejorar la salud y satisfacer las necesidades básicas.</i>	Subsidios con fines específicos. Educación sobre higiene hídrica. Facilitación de provisión a nivel comunitario. Eliminación de las restricciones de la tenencia de la tierra sobre la provisión. Prevención de infiltraciones de desechos en los suministros.
	<i>Incremento de la inversión.</i>	Tarifas basadas en el costo. Mejor recaudación de ingresos. Mayor eficiencia operativa. Frenar las conexiones ilegales.
	<i>Protección de la fuente o protección de la calidad.</i>	Controles de extracción de aguas subterráneas. Control de fugas para frenar la infiltración. Zonificación de la tierra. Control de contaminación por residuos industriales y domésticos.
Cuenca	<i>Mejorar el suministro.</i>	Compra de agua río arriba o de derechos de eliminación de desechos. Compra de servicios de protección de estructuras de captación.
	<i>Mejorar el suministro y proteger la calidad.</i>	Mejoramiento físico (embalses, recarga). Regulación del uso de la tierra en una estructura de captación. Regulación de las descargas de desechos y de la escorrentía de las aguas pluviales. Impuestos por contaminación.
	<i>Reasignar suministros.</i>	Regulación de extracciones. Asignación de precios por extracción. Comercio hídrico. Consulta, resolución de conflictos.
Gobierno subnacional o regional	<i>Fortalecer el desempeño de la empresa de servicios públicos de la municipalidad.</i>	Supervisión, evaluación comparativa y publicidad. Desarrollo de habilidades, capacidad humana. Préstamos públicos, consulta, resolución de conflictos por uso de la tierra.
Gobierno nacional	<i>Priorizar objetivos.</i>	Política de asignación de tierra y de agua. Marcos regulativos. Supervisión de agencias subnacionales y de nivel de cuenca.

Fuente: Rees, 2006

hincapié en que las ciudades tienen circunstancias sociopolíticas y biofísicas únicas, la tipología indica cómo varios agentes impulsores pueden influir de las funciones de la prestación del servicio de los sistemas hídricos urbanos y proporcionar un “modelo mental” para la toma de decisiones de una gestión integrada de aguas urbanas y a largo plazo.

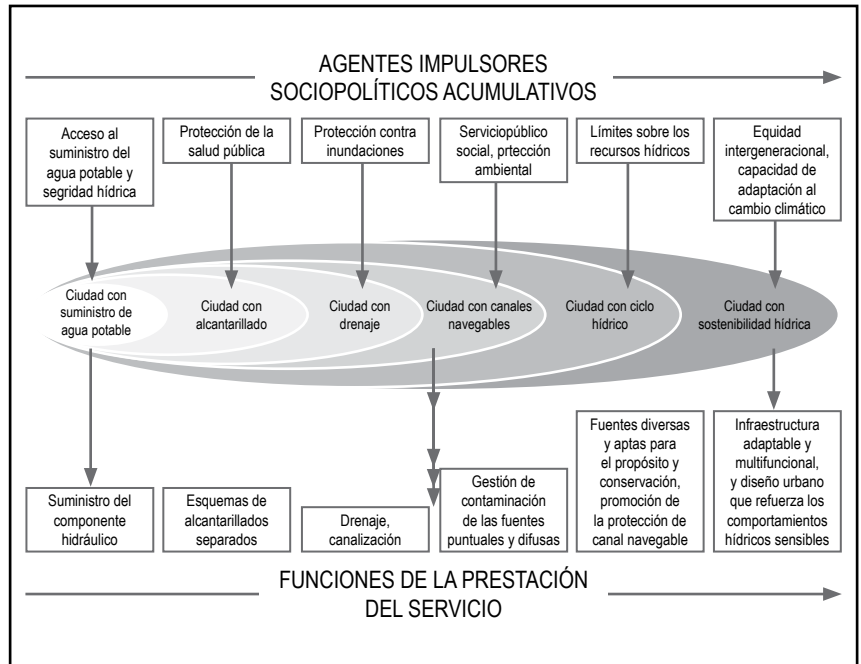


Figura 5. Transiciones desde ciudades con abastecimiento hídrico a ciudades con sensibilidad hídrica. Fuente: Brown et al., 2008.

6. CREACIÓN DE UN AMBIENTE PROPICIO PARA LA GIAU

En su esencia, la gestión integrada de aguas urbanas tiene que ver con el equilibrio de objetivos, la priorización de metas sobre diferentes marcos temporales y la toma de medidas prácticas empleadas en forma concertada por diversas organizaciones. Esto, por lo tanto, requiere un contexto institucional en el cual los actores públicos y privados puedan trabajar juntos apoyados por marcos legislativos y de políticas coherentes.

En efecto, el éxito de la GIAU se basa en los vínculos de todos los niveles y todos los sectores; y no es solo el cometido de las ciudades o del sector hídrico. Altos grados de integración internacional interna y de puesta en concordancia entre varios niveles de la gestión del recurso son característicos de las ciudades verdes emergentes o de las ciudades sostenibles. Estas ciudades utilizan una serie de herramientas para catalizar la coordinación que incluye presupuestos para todos los recursos y planes integrados para toda la ciudad.

6.1. Roles para los gobiernos centrales

Durante la década de 1990, cuando la prestación de servicios públicos se consideró un fracaso en términos de eficiencia, se esperaba que los enfoques de mercado mejoraran la eficiencia, crearan nuevos flujos financieros y proporcionaran una mayor responsabilidad (UNDP, 2006). Aunque el sector empresarial, en algunos lugares, ha mejorado la eficiencia en la prestación de servicios, ha sido menos capaz de alcanzar los objetivos de equidad. Según UN- Hábitat (2009), la actual crisis financiera mundial ha puesto de relieve algunos de los límites de los enfoques guiados por el mercado y el interés reavivado en la participación más activa del gobierno para asegurar que las necesidades básicas sean satisfechas. Las fluctuaciones de los precios mundiales de la energía y de los alimentos podrían obligar a los gobiernos centrales a ejercer una función reguladora mayor sobre las fuerzas del mercado, en particular, donde el costo de la vida diaria se haya disparado fuera del alcance de vastos sectores de la población. En su conjunto, las medidas del gobierno complementan —pero no reemplazan— los esfuerzos privados, ya sean formales o informales, o los dirigidos por la comunidad, la sociedad civil o el sector empresarial.

Los gobiernos centrales proporcionan perspectivas para todo el país sobre urbanismo y gestión hídrica estableciendo políticas nacionales para la tierra, servicios de infraestructura y otros temas que afectan todo el continuo urbano rural. Al elegir crear una política para áreas económicas amplias que integren villas, pueblos y ciudades, los gobiernos pueden incluso superar las diferencias en los estándares de vida entre las áreas rural y urbana. (AfDB, 2011) Usualmente, los gobiernos centrales tienen la autoridad de convocar a las partes interesadas para que deliberen.

La GIAU necesita relaciones más cercanas entre las áreas río arriba y las áreas río abajo. Esto puede implicar cruzar las fronteras nacionales, lo cual presenta desafíos técnicos y políticos. El norte de Ghana y Burkina Faso, por ejemplo, compiten con la sociedad urbanizada del sur de Ghana por recursos hídricos (Giesen *et al.*, 2001). Idealmente, los esfuerzos para establecer marcos en todas las fronteras sobre la gestión hídrica fortalecerá la acción colectiva para la conservación, protección y desarrollo de la base del recurso común; equilibrarán los derechos del uso por parte de los países que comparten la base de un recurso común, que incluye sus necesidades sociales y económicas, y, se responsabilizarán de la disponibilidad de los recursos alternativos.

Donde los actores informales proporcionan servicios hídricos básicos, los gobiernos centrales juegan un importante rol regulativo trabajando con los gobiernos locales para promover una asignación de precios equitativa y una mejor calidad —sin suspender la provisión del servicio informal—.

6.2. Roles para los gobiernos locales

Los gobiernos urbanos conciben políticas y estrategias para priorizar, compartir y gestionar los recursos disponibles mientras toman en cuenta las demandas locales. Para ser exitosos, ellos deben mirar más allá del sector hídrico. Las políticas sobre vivienda, energía, uso de la tierra, agricultura urbana y rural y gestión de residuos tienen todas, relación con la gestión sostenible del agua.

Los gobiernos urbanos pueden involucrar a los diversos usuarios del agua en el análisis, las elecciones y las decisiones relacionadas con los recursos hídricos. Ellos pueden asegurar que las decisiones acerca de nuevas fuentes hídricas, particularmente para las ciudades con altas demandas hídricas, no excluyan las áreas aledañas. Los gobiernos locales necesitan fomentar una cultura de planeamiento a largo plazo que vea más allá de los cálculos financieros a corto plazo (véase el recuadro 5).

Recuadro 5. Johannesburgo y la provincia de Gauteng: planeamiento con anticipación

Cuando se descubrió oro en lo alto de la meseta central de Sudáfrica en la década de 1880, los mineros necesitan más agua para recuperar el oro. Los manantiales locales eran insuficientes durante los meses secos del invierno. Una fuente más fiable fue encontrada en las aguas de los acuíferos de dolomita cercanos y en el río Vaal, a 80 kilómetros al sur de la futura ciudad de Johannesburgo. En 1904, una empresa de servicios públicos, *Rand Water*, se formó para abastecer de agua a las minas y a los pueblos en expansión.

En 1938 el embalse de Vaal fue construido para abastecer de agua durante las peores sequías, pero también esto resultó insuficiente: el río Vaal solo podría abastecer 10% de las necesidades de lo que hoy es la provincia de Gauteng. Esta es un grupo de tres ciudades con una población combinada de casi 10 millones de personas, lo que representa más del 60% de la economía de Sudáfrica.

El agua se buscó más lejos. Un sistema de transferencia por bombeo trajo el agua desde el río Thukela, en la provincia de KwaZulu-Natal, a 250 kilómetros de distancia. Cuando esta agua no se necesita para otros propósitos, genera los períodos máximos de electricidad para la red nacional del país.

El proyecto *Highlands Water* de Lesotho se implementó para transferir agua desde un país vecino, captando agua en lo alto de una cuenca y trayéndola por gravedad hasta el Vaal, en vez de bombearla por largas distancias. A Lesotho se le paga una porción de estos ahorros en los costos, en vez de pagarle por el agua misma. Hay planes para expandir este sistema para asegurar suministros hasta el 2030 y más allá.

A muchas ciudades sudafricanas se les permite extraer agua de los ríos, pero solo con la condición de que traten las aguas residuales y las devuelven al río para que puedan ser utilizadas río abajo. El reciclaje directo es aún más caro que otras alternativas. Si el agua no es tratada adecuadamente, el reciclaje puede crear problemas de calidad del agua por su propia cuenta, especialmente en el interior.

Con los años, la gestión de la calidad del agua ha demostrado ser un reto en la misma proporción que lo es el suministro de agua en Sudáfrica. Las operaciones de gestión hídrica actuales tienen como objetivo mantener la salinidad de agua del río Vaal dentro de niveles aceptables; el sistema de represas es operado con este objetivo, liberando ocasionalmente agua dulce para reducir la salinidad. Además, gran parte del agua utilizada y tratada por Johannesburgo se transfiere a la cuenca del río Limpopo, donde este abastece las minas de platino que están en rápido crecimiento de la provincia noroeste. Dado que la industria de la minería y los pueblos de los alrededores necesitan agua, ellos están dispuestos a pagar parte de los costos de tratamiento y de transferencia, una situación ventajosa para ambas partes.

La planificación de este sistema es a largo plazo, continuamente proyectándose de antemano de 20 a 30 años. Esta evalúa cambios probables en el consumo, así como las cargas de contaminación. Considera las diferentes opciones para satisfacer las necesidades hídricas, no tan sólo los nuevos suministros de agua, sino la mayor eficiencia y la reutilización del agua. Incluso las operaciones del sistema se llevan a cabo sobre una base de varios años.

Dos países, cinco provincias, ochenta pueblos y ciudades —la historia del agua de Sudáfrica demuestra que la gestión eficaz de los recursos hídricos en situaciones de estrés hídrico inevitablemente va mucho más allá de los límites de la ciudad. La gestión del agua, como parte de un sistema de múltiples cuencas, aporta una mayor eficiencia así como oportunidades económicas y sociales, que pueden ser logradas intentando gestionar el agua solamente dentro de los límites de la ciudad—.

Fuente: Mike Muller

Sin embargo, la capacidad técnica para gestionar el sistema hídrico urbano está, a menudo, fragmentada en varios departamentos y organismos. Por otra parte, la transición hacia el uso sostenible del recurso hídrico y las prácticas de gestión requiere tiempo y podría exceder el mandato de los funcionarios electos y de otras partes interesadas. Algunas ciudades carecen de información sobre la disponibilidad de los recursos hídricos existentes y proyectados, sobre los niveles del uso del agua, sobre los peligros y los riesgos ambientales y sobre los patrones de asentamiento. Los impedimentos estructurales pueden crear condiciones para la corrupción que limita el acceso a los servicios básicos.

La GIAU depende de la descentralización: más allá de delegarles funciones administrativas, los gobiernos locales deben también tener autoridad política y fiscal. Un gobierno local fuerte puede forjar nuevas relaciones con las autoridades rurales, con los encargados nacionales de tomar las decisiones y con los sectores público y privado.

6.3. Involucramiento del sector privado

En algunas partes del Sur Global, los servicios públicos a menudo carecen de los recursos financieros para mantener y operar su infraestructura hídrica por 20 y hasta 50 años más allá de su vida útil prevista. La planificación descoordinada agrava aún más la situación: nueva infraestructura se construye sobre redes obsoletas que no pueden soportar el crecimiento de la demanda de agua ni los servicios de aguas residuales (*Danilenko et al., 2010*).

Una mayor participación del sector privado en la gestión del agua urbana es una manera de prestar servicios más eficientes, de ampliar la cobertura del servicio y de manejar financieramente las utilidades de manera confiable y segura. La participación del sector privado puede tomar la forma de arrendamientos, concesiones, contratos de gestión, contratos de servicios o subcontratación de actividades específicas (*Kingdom, et al., 2006*). Bajo la contratación basada en el desempeño, a las empresas se les paga no solamente por los servicios prestados, sino también por lograr medidas de desempeño específicas; por tanto, ellas tienen incentivos para producir resultados (*Kingdom et al., 2006*).

Por ejemplo, la *Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo*, Brasil, ha aprovechado la capacidad del sector privado para fortalecer su gestión comercial. Sus operaciones se vieron obstaculizadas por las fugas, robos y mediciones defectuosas hasta que la empresa reclutó cinco contratistas privados para diseñar, suministrar e instalar nuevos medidores a clientes de

grandes cuentas. Se esperaba que los contratistas financiaran la inversión y que el pago se basara en el aumento promedio del volumen de consumo —en oposición al consumo determinado solo mediante el uso de dispositivos de medición—. En tres años, el volumen de consumo medido se incrementó en 45 millones de metros cúbicos, mientras que los ingresos aumentaron en US\$72 millones. De esta cantidad, US\$18 millones se pagaron a los contratistas (*Kingdom et al., 2006*).

El esfuerzo tuvo éxito porque el contrato ofreció grandes incentivos para el contratista, a la vez que garantizaba beneficios para la empresa de servicios. Además, los contratistas tenían la flexibilidad para determinar la forma en que ellos cumplirían los términos (*Kingdom et al., 2006*).

Una regulación apropiada y la capacidad de hacer que esta se cumpla pueden ayudar a asegurar servicios de alta calidad, sostenibles y equitativos, por parte tanto de los actores estatales como de los no estatales. Los reguladores independientes —que supervisan regímenes estables y predecibles de tarifas, las normas de servicio y otros factores— pueden infundir confianza en los nuevos participantes y alentar a los proveedores existentes para que hagan reformas.

6.4. Oportunidades de negocios en toda la cadena de valor

Los empresarios, a menudo informales, ya proporcionan la mayor parte de los servicios de saneamiento en el sitio de algunas ciudades, como la construcción, mantenimiento y limpieza de letrinas. Tales oportunidades de negocios se están expandiendo a medida que más personas demandan productos y servicios mejorados de agua y de saneamiento.

La seguridad alimentaria depende, en gran medida, de los fertilizantes. El incremento en el precio de los fertilizantes artificiales y la disminución de las reservas de fosfato han creado una apertura de los mercados de fertilizantes orgánicos a partir de estiércol animal, los excrementos humanos y otros desechos biológicos. En Malawi, por ejemplo, los proveedores de servicios privados del lugar dan crédito a las familias, que de otro modo, no pueden construir baños secos, contra las futuras ventas de “estiércol”. Estas actividades contribuyen a “cerrar el ciclo” en la gestión de los nutrientes, la tierra y el agua, por lo tanto, ayudan a restablecer el equilibrio de los metabolismos urbanos distorsionados (véase la figura 6). Ouagadougou, en Burkina Faso, es una de las ciudades que ha puesto a prueba la viabilidad de una cadena de valor para el reciclaje de la orina y las excretas (*Dagerskog et al., 2010*).

6.5. Gestión “urbana” y de “cuenca”

Los límites hidrológicos rara vez coinciden con los administrativos. Las infraestructuras de captación urbanas —supervisadas por autoridades de la ciudad— pueden estar dentro de las cuencas que cruzan fronteras estatales o incluso nacionales. La relación es recíproca: las prácticas dentro de la cuenca tienen influencia sobre la cantidad y la calidad del agua disponible para las ciudades, y el crecimiento de la población urbana y el desarrollo económico dan forma a los flujos hídricos más allá de los límites de la ciudad (Bahri et al., 2011). Sao Paulo ha explorado diversos mecanismos de gobernabilidad para integrar su gestión de los recursos hídricos mediante esfuerzos a un nivel de cuenca más amplio (véase el recuadro 6).

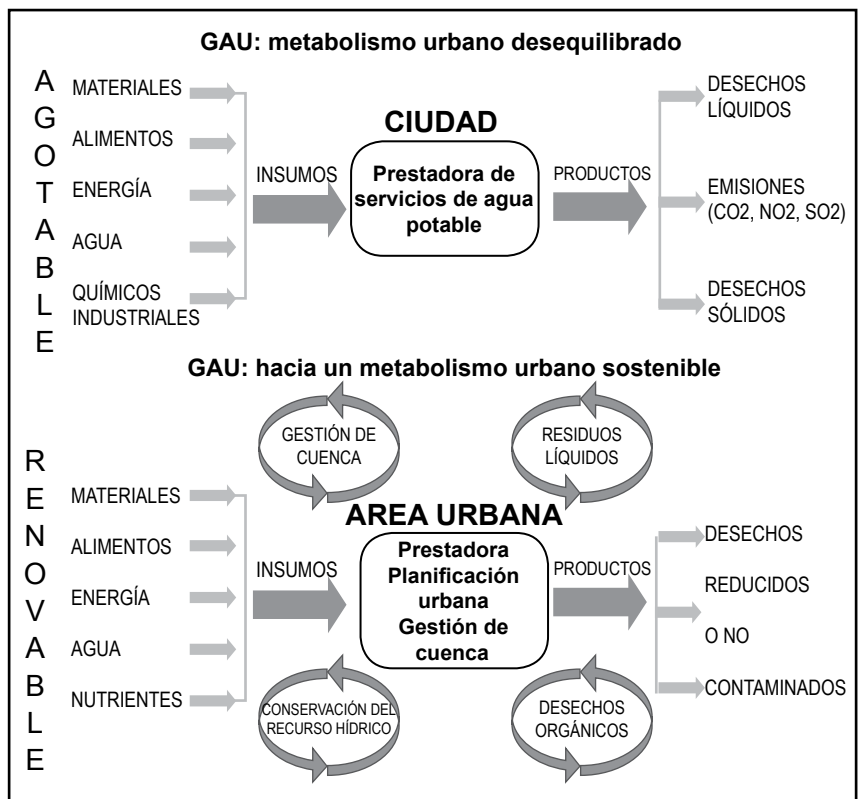


Figura 6. Contribuciones de la GIAU para reequilibrar el metabolismo urbano sostenible. Fuentes: Novotny, 2010; Browder, 2011.

Recuadro 6. Sao Pablo: experimentación con nuevas formas de la gobernanza hídrica urbana.

Sao Paulo y sus alrededores forman un importante centro urbano y un complejo industrial en América Latina. En respuesta a demandas más altas, Sao Paulo ha comenzado a experimentar con formas alternativas de gobernanza hídrica urbana que involucran a las partes interesadas más allá de los límites urbanos.

El sistema de abastecimiento hídrico de la región metropolitana de Sao Paulo es operado por la *Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, SA (SABESP*, por sus siglas en portugués). Esta empresa pública proporciona servicios de agua y alcantarillado para 25 millones de clientes residenciales, comerciales e industriales. Depende de tres sistemas hídricos superficiales principales: dos se encuentran dentro de la cuenca del río Tietê y suministra el 56 % de la demanda, y el tercero, el Sistema Cantareira, está en la vecina cuenca de Piracicaba, que suministra el resto.

El costo de tratar aguas destinadas al consumo se ha incrementado en 133% en años recientes, y el potencial de expandir el sistema de suministro hídrico es bastante limitado. Además, las transferencias hídricas adicionales desde cuencas vecinas podrían ser inevitables, pero en ausencia de colaboración entre cuencas, los costos políticos y sociales serían considerables.

Además, la captación y el tratamiento de aguas residuales siguen siendo insuficientes en la región metropolitana. La calidad del agua sigue estando por debajo de los estándares. Un uso del suelo mal planificado o irrestricto en la cuenca ha disminuido la calidad del agua y ha acrecentado inundaciones severas.

Para integrar y coordinar la gestión del agua dentro de la cuenca, un comité de cuenca, conformado por los diversos grupos de partes interesadas, negoció el plan de cuenca del Alto Tietê en el 2009. Este ambicioso plan propone acciones en tres niveles. En primer lugar, para vincular mejor la cantidad de agua y la gestión de la calidad, los sistemas hídricos (el suministro hídrico, el tratamiento de aguas residuales, el control de inundaciones y la irrigación) y las actividades que afectan las fuentes hídricas (uso industrial, uso de la energía y la eliminación de desechos sólidos) están siendo interconectadas. Las autoridades han fortalecido las medidas para garantizar el cumplimiento de los permisos para la extracción y descarga de agua, de los incentivos económicos, de la gestión de la demanda y de los cobros dentro del esquema de quien use y contamine paga.

En segundo lugar, el plan busca una mejor alineación entre los sectores relacionados con la gestión del uso del suelo (vivienda, transporte) para evitar el desarrollo de las zonas vulnerables (regiones de abastecimiento de agua, llanuras aluviales) y limitar la impermeabilidad del desarrollo urbano. Los ingresos por los cobros dentro del esquema de quien use y contamine paga se invierten sólo en proyectos que se han comprometido a la protección de las cuencas hidrográficas. Los actores estatales, municipales y del sector privado están, por lo tanto, motivados para mejorar la protección de las áreas de fuentes y de planicies aluviales, la gestión de la demanda hídrica y la gestión de los desechos sólidos y de las aguas subterráneas.

En tercer lugar, el plan exige la integración con las cuencas vecinas para abordar las transferencias de agua entre las cuencas, la carga de contaminación y las inundaciones río abajo. El comité de cuenca ha enfatizado en la necesidad de que los sistemas de información compartida, incluida una supervisión *peer-to-peer*, es decir red de pares o red entre iguales, de nodo a nodo del cumplimiento de los objetivos acordados. Un componente fundamental de la colaboración entre cuencas es la preparación de planes de emergencia a fin de que las cuencas vecinas puedan responder al unísono.

Recuadro 6. Cont.

La implementación del esquema se complica por la historia institucional: los municipios tienen a cargo la planificación del uso del suelo, la vivienda urbana y el transporte, pero el Estado es responsable de la gestión de los recursos hídricos. Sin embargo, el proceso de permisos y de cuotas de los usuarios está siendo introducido progresivamente. El sistema de información que comprende datos de todos los usuarios está completo, sin embargo, aún no se ha hecho público. Las acciones de todos los sectores continúan siendo un desafío importante —el sector hídrico carece de autoridad para tener influencia sobre la regulación del uso de la tierra y los mecanismos institucionales para una gobernanza metropolitana eficaz son inadecuados— pero la evolución hacia la gestión integrada de aguas urbanas en todas las cuencas hídricas está comenzando.

Fuentes: *Braga et al., 2006; FUSP, 2009; Porto, 2003.*

Las ciudades producen grandes cantidades de aguas residuales y otros tipos de desechos. Donde el tratamiento de desechos es inadecuado —o, de hecho, totalmente ausente— la eliminación de residuos pone en marcha una serie de fenómenos que repercuten en toda una gama de ecosistemas. Los flujos de aguas residuales, por ejemplo, pueden derramarse sobre los campos agrícolas y en los cuerpos de agua superficiales. Las inundaciones estacionales pueden amplificar el efecto que se produce cuando se mezclan las aguas residuales con la escorrentía de las aguas pluviales (*Bahri et al., 2011*). La pérdida de suelo permeable en zonas urbanizadas desvía aún más el flujo de las aguas pluviales contaminadas hacia tierras de cultivo y hacia entornos de río abajo (*Van Rooijen et al., 2005*).

En Accra se estima que el 80% del volumen total del agua utilizada se convierte en aguas residuales, mucha de esta agua se utiliza para el cultivo de vegetales. Sin salvaguardas apropiadas, la práctica puede plantear considerables riesgos para la salud, tanto para quienes irrigan como para los consumidores. Sin embargo, si se trata y gestiona adecuadamente, ellos pueden fomentar nuevos usos de los recursos y nuevos usuarios a lo largo de todo el continuo urbano-rural (*Bahri et al., 2011*).

Bajo la GIAU, las ciudades ponen en concordancia la gestión de la vivienda, la energía, el paisaje y el diseño del paisaje acuático, la agricultura y la gestión de desechos, y todos los sectores abordan los riesgos y oportunidades compartidas.

6.6. Intervención de las partes interesadas

El enfoque de la GIAU depende de la intervención de las partes interesadas en el diseño y gestión de los sistemas hídricos urbanos. Aunque es ampliamente aceptado, en principio, el involucramiento de las partes interesadas puede variar sustancialmente. En algunos casos, implica la participación genuina en la toma de decisiones; en otros, equivale informar a la gente acerca de las decisiones ya adoptadas.

Todos los grupos de usuarios deben participar en el diseño o la reestructuración de los sistemas para los servicios básicos. La participación en la planificación de proyectos, la planificación municipal y el presupuesto puede asegurar el diseño adecuado y aportar contribuciones basadas en información que mejoren las condiciones de vida, particularmente en los asentamientos de bajos ingresos.

Pueden ser necesarios mecanismos legales para definir las funciones de las partes interesadas y establecer las condiciones para la participación de grupos no considerados tradicionalmente relevantes para la toma de decisiones urbanas (*UN-Hábitat, 2009*), tales como asociaciones de agricultores de aguas arriba, representantes de la industria y empresas de energía (*UNDP, 2006*). Además de forjar vínculos entre los entornos de río abajo y río arriba, la legislación puede también ser un vehículo para la integración de todos los sectores. Las leyes que garantizan el derecho a las aguas residuales estimulan a los agricultores para instalar la infraestructura apropiada de tratamiento e irrigación. Ellas también establecen normas para la calidad del agua y para las autoridades encargadas de la supervisión con fines de salud pública.

Los usuarios del agua suelen tener diferentes agendas que necesitan ser reconciliadas. La capacidad para resolver los conflictos debe ir acompañada de transparencia. Karachi, Pakistán —un pionero en la implementación de la GIAU dentro de un contexto de una megaciudad— ha implementado una asociación público-privada para gestionar sus recursos hídricos de una manera más coordinada y equitativa (véase el recuadro 7).

Recuadro 7. Karachi: gestión participativa de los recursos hídricos.

Karachi —cuya población de aproximadamente 18 millones se espera que se duplique dentro de una década más— enfrenta serios desafíos de gestión hídrica. El agua insegura se estima que contribuye a la muerte de 30,000 personas anualmente; el 40 % del agua en la ciudad se pierde por fugas; y los vendedores privados, que suplen principalmente a los consumidores pobres, pueden cobrar 12 veces más el precio del agua de los sistemas públicos. La calidad del agua y el suministro se han reducido, la gestión de aguas residuales es inadecuada y las medidas de conservación hídrica han sido planificadas de manera deficiente. El sistema hídrico urbano tuvo porcentajes de tarifas que a menudo se fijaron por debajo de los costos de suministro, operación y mantenimiento.

En este contexto, las personas interesadas se reunieron en el 2000 para plantear el concepto de una asociación hídrica para la ciudad. Estos primeros impulsores —funcionarios del Consejo Hídrico y de Alcantarillado de Karachi; expertos en aguas urbanas, conservación del agua y los humedales marinos; y un agricultor proveniente de las tierras periféricas de la ciudad— plantearon una iniciativa conjunta de los funcionarios del gobierno y de los ciudadanos particulares para promover la conservación del agua y mejorar la gestión hídrica y del alcantarillado.

Algunas personas dijeron que Karachi era demasiado grande y demasiado dividida política, social y étnicamente, pero la Asociación para el Agua de la ciudad de Karachi (KWP, por sus siglas en inglés) fue conformada oficialmente en el 2007.

La asociación tenía la intención de alejarse de las intervenciones discretas y técnicas que conformó la infraestructura hídrica urbana de Karachi. En vez de ello, la asociación abordaría el capital humano, la gobernanza urbana y los sistemas de asignación de recursos entre los grupos sociales y los sectores usuarios del agua. Los participantes se cambiaron al concepto de gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH) para los diseños institucionales y para las prácticas de gobernanza e implementación. La GIRH había sido vista previamente como un marco para la gestión de los recursos hídricos a escala de cuenca; pocos intentos se habían hecho para implementarla a nivel de ciudad y el concepto era desconocido para los encargados de la gestión en la ciudad y para los políticos.

La Asociación para el Agua de la ciudad de Karachi (KWP) fue más allá de los modelos convencionales de las asociaciones público-privadas y trató de involucrar al público en general en sus actividades. Esto no solo creó más partes interesadas, sino también que estableció la tónica para su modo de participación. Trabajando en estrecha colaboración con la Asociación Mundial para el Agua, la KWP ofrece una plataforma neutral para grupos de usuarios urbanos que están en competencia para deliberar la gestión de los problemas hídricos (véase la figura 7).

Las mujeres formaron una importante representación debido a sus funciones centrales en la gestión doméstica diaria en el uso del agua. La participación de la industria en las medidas de mitigación y de tratamiento de residuos fue esencial. Los académicos contribuyeron a la creación de capacidades y a generar una base de conocimientos para la política de gestión de recursos. El Gobierno también estaba inscrito en la KWP. Por último, los medios de comunicación también se involucraron como el canal principal para llegar a los ciudadanos de Karachi, a través de documentales y anuncios de servicio público. La asociación aseguró la participación de algunos grupos de interés a través de memorandos de entendimiento. Asociaciones adicionales se establecieron en los niveles suburbanos para garantizar que las decisiones serían tomadas lo más cerca posible de aquellos a quienes afectarían.

Cuadro 7. Cont.

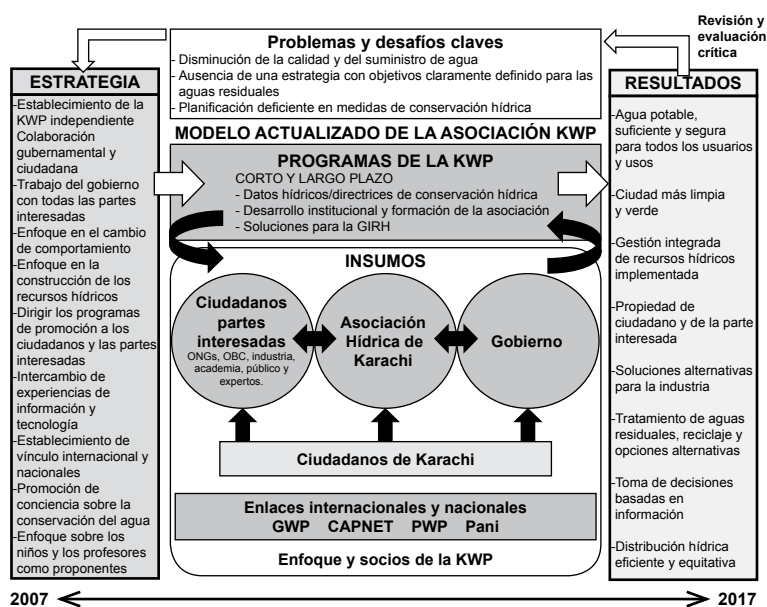


Figura 7. Modelo de la Asociación Hídrica de Karachi.

Fuente: Baxamoosa, 2009.

Para poner en práctica el concepto de la GIRH, la Asociación procuró inculcar un sentido de propiedad entre las partes interesadas y luego traducir esto en un consumo y en una gestión de los recursos hídricos más conscientes. Se pidió a cada parte interesada institucional contribuir con dinero para llevar a cabo los compromisos de colaboración. Por otra parte, los grupos de las partes interesadas se comprometieron entre ellos a rendir cuentas en cuanto al cumplimiento de las funciones y responsabilidades que se esperaban de ellos.

Facilitar las actividades a nivel local es importante para catalizar el trabajo a niveles suburbanos. Por ejemplo, con el apoyo de la asociación, la *Area Water Partnership* de Gulshan-e-Iqbal, uno de los 18 pueblos administrativos de Karachi, ha desarrollado la conservación del agua y las directrices de gestión en inglés, urdu y sindhi para hogares, escuelas, industrias y mezquitas. Estos se distribuyeron con las facturas de agua. Los encargados de distribuir las facturas de agua y los maestros recibieron capacitación en medidas de conservación hídrica y se construyeron sistema de suministro de agua y de saneamiento en 20 escuelas públicas.

Muchas asociaciones público-privadas dirigidas al agua y al saneamiento urbanos se centraron en la creación de los mecanismos de prestación de servicios alternativos —estructuras paralelas, de manera efectiva— que llegaron a escindirse de los canales establecidos. La KWP es diferente. Esta ha buscado, desde sus inicios, trabajar con lo que ya está implementado, involucrándose con las partes interesadas de todos los sectores usuarios del agua y a lo largo de todo el espectro de la gobernanza urbana, para establecer prácticas de gestión hídrica urbana más sostenibles, eficientes y equitativas.

Fuentes: GWP, 2010; Siddiqui, 2011; Baxamoosa, 2009.

6.7. Promoción de una nueva cultura de gestión hídrica urbana

La GIAU ofrece una transformación sociotécnica: avanza tanto en soluciones tecnológicas para la gestión hídrica como en modificaciones simultáneas en el comportamiento, las actitudes, las instituciones y los mecanismos de financiamiento y de capacitación. La creación de capacidad institucional es crucial para la actualización y la integración de conocimiento en las ciencias naturales, la ingeniería, la biología ambiental, la economía, las finanzas y la sociología.

Las culturas profesionales necesitan cambiar de modo que ellas recompensen la cooperación de todos los sectores y a todos los niveles. Sin embargo, la construcción y el mantenimiento de la colaboración entre las partes interesadas no es un logro sencillo. Las ideas deben ser transmitidas a través de lenguas institucionales y de culturas operativas. Los diferentes niveles de poder, de influencia y de recursos tienen que ser conectados. Los objetivos comunes y los beneficios de la acción mutua deben estar claramente articulados.

Tales transformaciones deben ir acompañadas de mecanismos de supervisión robustos que actualicen a las autoridades, a los proveedores de servicios y a los usuarios. Los enfoques de gestión exitosos son adaptativos y ágiles, por lo que los sistemas de gestión hídrica pueden responder rápidamente a los cambios inesperados. De hecho, la GIAU implica aprender cómo actuar en condiciones de incertidumbre y de conocimiento imperfecto. Las definiciones del problema y los supuestos subyacentes deben ser revisados continuamente para mantener su relevancia (SWITCH, 2011).

La integración sectorial dentro del gobierno y la integración escalar dentro de los niveles de gobierno están llegando a ser cada vez más importantes. Transformar prácticas arraigadas puede ser especialmente difícil en las megaciudades. Las pequeñas y medianas ciudades, por otra parte, pueden ahora sembrar las semillas de la integración.

La gestión de los recursos hídricos urbanos y la integración de todos los aspectos de la fuente de agua y la calidad, requerirán la educación y la colaboración públicas para darse cuenta de los cambios culturales y de comportamiento necesarios (Najjar and Collier, 2011), así como de la coordinación entre las entidades de gestión de la tierra y el agua, los recursos y los organismos reguladores, los gobiernos locales y las organizaciones no gubernamentales (Watson et al., 2011).

La ciudad de Nueva York abastece a 9 millones de personas con agua potable segura mediante la colaboración con los municipios de los alrededores para proteger las fuentes río arriba (véase el recuadro 8).

Recuadro 8. La ciudad de Nueva York: protección de la fuente de agua potable de la parte alta de la cuenca.

La ciudad de Nueva York abastece sus 8 millones de habitantes, más 1 millón de personas adicional de los condados aledaños, con agua potable segura simplemente protegiendo sus fuentes de aguas arriba ubicadas en dos cuencas de las Montañas *Catskill*. En algún momento, estas aguas requirieron poco o ningún tratamiento. A fines de 1980, sin embargo, las prácticas de uso de la tierra río arriba —las finchas lecheras y de ganado, en particular— habían empezado a deteriorar la calidad del agua. El desafío consistía en asegurar la calidad del suministro de agua potable a la ciudad sin tener que incomodar a los usuarios de agua río arriba.

Los granjeros estaban preocupados por cómo las medidas de protección de las cuencas afectarían sus medios de vida.

La ciudad de Nueva York estaba muy motivada para encontrar una solución viable para la protección de las cuencas porque la Agencia de Protección Ambiental estaba amenazando con exigir sistemas de filtración a un costo de varios miles de millones de dólares. Pero si la calidad del agua era alta, los reguladores emitirían una “determinación para evitar la filtración”, eximiendo a la ciudad del filtrado de su agua potable, como lo hubiera requerido de acuerdo con la Ley de Agua Potable de los EE. UU.

La agencia y la oficina del gobernador del estado de Nueva York convocaron a todos los grupos de partes interesadas de las áreas de las cuencas hidrográficas para las negociaciones y, en 1997, se firmó un memorando de acuerdo. Bajo su autoridad, los ingresos percibidos de los usuarios de agua ayudarían a financiar las actividades para proteger las cuencas hidrográficas y sus bienes y servicios ambientales (*Pagiola and Platais, 2002 and 2007*).

El acuerdo consta de tres elementos principales. En primer lugar, en el marco del programa de adquisición de tierras, la ciudad de Nueva York ha adquirido tierras medioambientalmente sensibles y en gran parte sin desarrollar de propietarios que estaban dispuestos a venderlas. En la primera década, se compraron 85,000 hectáreas de tierra por US\$260 millones de dólares. La ciudad está dispuesta a poner a disposición otros US\$320 millones durante los próximos 10 ó 15 años. Este programa aparta algunas áreas para el crecimiento. Las áreas prioritarias para la adquisición están ubicadas cerca de embalses, arroyos y humedales.

En segundo lugar, en el marco del programa de regulación de cuencas, las nuevas regulaciones para el control de la contaminación fueron negociadas entre los condados de cuencas, comunidades usuarias del agua, la ciudad de Nueva York, el estado de Nueva York y la agencia y grupos ambientales.

El tercero consiste en la protección de las cuencas y en el programa de alianzas. Establece que la ciudad de Nueva York pagará para actualizar los sistemas de tratamiento aguas arriba. La ciudad también ofrece pagos a municipios que son "buenos vecinos" que se unan al sistema.

Recuadro 8. Cont.

El dinero adicional se dedica a reemplazar sistemas sépticos que han fallado o que han envejecido, a extender los alcantarillados, a mejorar la infraestructura de tratamiento de aguas de lluvia y de aguas residuales en las zonas río arriba.

Aunque los esfuerzos son financiados por los usuarios del agua de la ciudad de Nueva York, varios son ejecutados por la organización no lucrativa *Catskill Watershed Corporation*, cuya junta directiva se compone de funcionarios locales electos. Los comités de partes interesadas, como los usuarios recreativos, se hacen cargo de problemas específicos de gestión de cuencas hídricas, y una oficina de asuntos públicos organiza eventos de divulgación y produce material educativo para elevar la conciencia.

Partes interesadas provenientes del sector agrícola hacen importantes contribuciones a los esfuerzos de protección de cuencas y tienen una alianza independiente con la ciudad. Bajo este Programa Voluntario Agrícola de la Cuenca, la ciudad de Nueva York ha comprometido más de USD\$100 millones para desarrollar un "enfoque agrícola integral" que ayudará a los finqueros a reducir la contaminación cambiando a prácticas agrícolas ambientalmente racionales. Más del 95% de los agricultores de la cuenca se han comprometido a participar.

Las medidas de protección de las cuencas adoptadas por la ciudad de Nueva York y sus vecinos ofrecen un ejemplo de cómo robustas medidas institucionales formales —Ley de Agua Potable Segura y el poder de la Agencia de Protección Ambiental para retener o conceder exenciones— pueden desencadenar la acción de las ciudades con recursos suficientes, aprovechando un equilibrio claramente delineado de fuerzas entre las autoridades y el acceso del ciudadano a un gobierno responsable.

Fuentes: *Grumbles, 2011; Office of Water, 2010; Pagiola and Platais, 2002 and 2007.*

6.8. Tecnologías y enfoques innovadores

La GIAU pretende hacer uso de soluciones tecnológicas innovadoras para los sistemas hídricos urbanos. Las aplicaciones prácticas de una variedad de tecnologías innovadoras, tales como los sistemas de filtración de membrana, incluidos los bioreactores de membrana, la oxidación avanzada, los sistemas híbridos de tratamiento natural y avanzado, las celdas microbianas de combustible, los procesos electroquímicos y la separación de fuentes de diferentes flujos de residuos (separación de aguas grises, de aguas negras y de aguas amarillas) han dado lugar a nuevas formas de gestión de los sistemas hídricos urbanos. El potencial de reutilización más eficiente del agua y de los nutrientes y la recuperación de energía es una de las principales ventajas de las nuevas tecnologías de tratamiento (*Bieker et al., 2010*). Estas nuevas tecnologías son, en muchos casos, fundamentales en el concepto de los enfoques de gestión integrada.

Por otra parte, la GIAU ofrece diferentes enfoques innovadores para hacer frente a los desafíos de la gestión hídrica urbana. La GIAU asegura que las innovaciones tecnológicas de la gestión hídrica urbana van acompañadas de cambios sistémicos comprensivos en el sistema hídrico urbano. El nuevo enfoque debe considerar a toda la zona urbana como unidad de gestión con la aplicación de otros nuevos enfoques, tales como los usos en cascada de agua, el proceso de beneficiado del agua (uso de los conceptos de maquinaria hídrica y de sistemas semicentralizados), los sistemas descentralizados, los análisis de los aspectos de cantidad y de calidad en un marco único y los sistemas hídricos urbanos flexibles y adaptables, etc.

7. HERRAMIENTAS DE LA GIAU Y ESTRATEGIAS DE GESTIÓN



La integración en un enfoque de la GIAU requiere eficiencia, equidad y sostenibilidad ambiental. La eficiencia es la necesidad de optimizar el uso de un recurso escaso y cada vez más vulnerable. Equidad significa garantizar el acceso al agua a través de todos los grupos socioeconómicos, de modo que tengan las cantidades y calidades necesarias para mantener el bienestar humano. Por último, la sostenibilidad ambiental implica la gestión que proteja los recursos y los ecosistemas asociados y asegure su disponibilidad para las futuras generaciones (*GWP TAC, 2000*).

Estos tres enfoques fundamentales pueden, a veces, entrar en conflicto. El principio de eficiencia, por ejemplo, puede dar ventaja a determinados usuarios sobre los demás y comprometer la equidad y la sostenibilidad ambiental, si se la persigue únicamente a través de la mera fijación de precios del mercado. Para mantener el equilibrio entre los tres, los gobiernos centrales pueden promulgar leyes que hagan del agua una propiedad estatal y proporcionar un marco unificado para la asignación hídrica. Posteriormente, un gobierno otorga permisos de extracción hídrica como elementos de una economía hídrica formal. La legislación, en sí misma, no es, por supuesto, suficiente: esta debe estar acompañada por la aplicación y la supervisión para protegerse contra la explotación de las relaciones de poder desiguales (*UNDP, 2006*).

De hecho, la GIAU implica equilibrar una serie de objetivos y emplear una serie de herramientas, desde la tecnología y las estructuras financieras apropiadas hasta contextos institucionales favorables —todas ellas mientras se promueve el diálogo entre todos los sectores y a todos los niveles—. Un gran número de objetivos no necesariamente compatibles pueden simplemente detener el progreso. Las metas pueden necesitar ser simplificadas y priorizadas sobre diferentes marcos temporales. Los "paquetes de herramientas", que normalmente implican acciones concertadas de diferentes niveles institucionales de varios actores no pertenecientes al sector hídrico, pueden también ayudar a los planificadores a integrar múltiples objetivos.

Son a menudo los asentamientos urbanos informales —aquellos que están fuera de las jurisdicciones administrativas y de las estructuras formales de gobernanza— los que enfrentan las crisis hídricas y de saneamiento más

agudas. Aquí, los procesos políticos audaces son necesarios para ayudar a articular una nueva visión del agua como un derecho universal, en vez de un producto basado en el mercado, y a generar consenso y colaboración entre los grupos de partes interesadas.

Cada ciudad requiere su propio conjunto de prácticas de gestión hídricas, pero ellas tienen objetivos universales. Las ciudades deben suministrar agua en cantidades y calidades apropiadas y en tiempos oportunos, sin comprometer la disponibilidad del recurso para otros. Ellas promueven el uso eficiente del agua y de fuentes hídricas alternativas, que incluyen las aguas residuales, para proporcionar incentivos económicos que produzcan resultados. Y ellas deben basarse en la capacidad de adaptación para manejar por anticipado alteraciones causadas por el cambio climático.

La GIAU proporciona a las ciudades un nuevo marco para la planificación, el diseño y la gestión de los sistemas hídricos urbanos. Una perspectiva de la GIAU permite a todas las partes interesadas ver de manera integral el sistema hídrico urbano (como una empresa integrada y cooperativa) y juntas suministrar la capacidad de predecir los efectos de las intervenciones en todas las unidades amplias de gestión de recursos. Al hacerlo así, el marco facilita el desarrollo de soluciones innovadoras para la gestión hídrica urbana y para la priorización de los recursos.

7.1. Auditorías hídricas y uso eficiente

La intensificación del ciclo de la urbanización y del agotamiento de los recursos está causando el estrés hídrico. La reacción instintiva, para aumentar el suministro, no es un remedio a largo plazo e, incluso, esta puede agotar los recursos hídricos en detrimento del ambiente y del acceso al agua para las generaciones futuras (UNDP, 2006).

Las evaluaciones de los recursos hídricos, tales como auditorías hídricas, cuantifican una base del recurso hídrico dada y las exigencias que se les imponen. Las evaluaciones son la base para las políticas hídricas, los enfoques de gestión hídrica y las decisiones de inversión. En un enfoque de la GIAU, ellas examinan no tan solo los suministros superficiales y las aguas subterráneas, sino también las fuentes previamente pasadas por alto, como la escorrentía de las aguas pluviales y las aguas residuales. En Perth, Australia, por ejemplo, la autoridad local (el Consejo Regional de Tamala Park) decidió integrar los enfoques de la gestión del ciclo hídrico urbano en un nuevo desarrollo urbano. El uso del modelado del equilibrio hídrico permitió a

la autoridad diseñar un sistema hídrico que minimizó la demanda de agua importada y maximizó la reutilización hídrica (*Barton et al., 2009*).

Los sistemas de abastecimiento doméstico a menudo pierden el 50% de su agua por fugas. La reducción de la pérdida de agua implica cambiar el diseño, la construcción y la operación y el mantenimiento de los sistemas, así como el comportamiento del usuario. Esto también puede incluir la introducción de medidas de ahorro de agua. En Zaragoza, España, el ahorro de agua ha sido un centro de interés importante desde 1996. El municipio ha mejorado su gestión de las pérdidas de agua con dispositivos de ahorro de agua y mediante la supervisión de flujos y presiones con un control de supervisión y un sistema de adquisición de datos, vinculado a un sistema de información geográfica y a un modelo de simulación (*SWITCH, 2011*).

Singapur ha logrado reducciones significativas de agua no contabilizada y tiene ahora uno de los promedios más bajos del mundo por concepto de aguas no facturadas. Las leyes que prohíben conexiones ilegales al sistema de suministro hídrico se aplican rigurosamente. La nueva infraestructura de abastecimiento hídrico utiliza materiales de alta calidad y las obras existentes se actualizan para minimizar las pérdidas físicas. Un sofisticado sistema detecta fugas y las cañerías se reparan con prontitud. Los medidores defectuosos también se sustituyen. Colectivamente, estas medidas reducen tanto el desperdicio como los costos operativos (*ADB, 2010*).

7.2. Recuperación y reutilización del agua

La recuperación y la reutilización son elementos esenciales de cualquier estrategia de desarrollo urbano sostenible. El agua utilizada se capta y se trata para diferentes estándares de calidad para reutilizar en la agricultura, la industria y otros sectores. Las ciudades pueden, por consiguiente, mejorar la salud humana y del medio ambiente, mientras que apoyan las actividades económicas (*Brown, 2009*), y el reciclaje crea un efecto multiplicador, por el que un volumen determinado de agua puede hacerse más productivo.

En algunas áreas periurbanas, el tratamiento y la reutilización de aguas recuperadas para la producción de alimentos es una opción para incrementar la seguridad alimentaria (*DST, 2008*). Los agricultores derivan una serie de beneficios de la utilización de aguas residuales para el riego (*Bahri, 2009*): se trata de una fuente confiable que suele ser gratuita y de fácil acceso, y disponible cerca de su mercado urbano. Además, las aguas residuales tienden a contener niveles significativos de nutrientes, por lo que reducen la necesidad

de fertilizantes químicos. El uso de aguas residuales en la agricultura apoya los medios de vida de los agricultores, de los comerciantes y de otros actores a lo largo de la cadena de valor agrícola. Este reconcilia los intereses de protección de la salud pública y del recurso ambiental de una ciudad con el deseo de la comunidad agrícola local por mantener un modo de vida ligado a la tierra.

Las aguas residuales se pueden reutilizar en la acuicultura y para el riego de parques, de espacios verdes, de campos de golf y de otras áreas urbanas. Se puede recargar el agua subterránea y contribuir a la restauración de los cuerpos de agua y de los humedales. Las aguas residuales que fluyen desde la ciudad de México, con el tiempo, han dado lugar a la recarga incidental de acuíferos situados río abajo. Estos nuevos suministros de agua subterránea pueden ayudar a satisfacer las demandas hídricas de 21 millones de habitantes de la ciudad (véase el recuadro 9).

Las aguas residuales pueden también utilizarse en la industria (en torres de refrigeración y calderas y como agua de proceso) y para inodoros (*Asano, 2002, 2005; Bahri, 2009*). Las innovaciones tecnológicas están permitiendo la recuperación y la reutilización del agua en formas novedosas. Las membranas y las nanotecnologías avanzadas son cada vez más rentables y eficientes en cuanto al uso de energía, y el agua recuperada, incluso, se puede hacer potable.

De hecho, en muchas partes del mundo se espera que la reutilización potable directa sea el medio más económico y fiable de satisfacer la futura demanda hídrica. Las aguas residuales que han sido tratadas por medios convencionales, se tratan adicionalmente para eliminar cualquier materia suspendida o disuelta remanente, incluyendo trazas orgánicas. Una vez purificada, entra en las plantas de tratamiento de agua o va directamente a los sistemas de distribución de agua (*Schroeder et al., 2012*). Windhoek, Namibia, ha estado practicando la reutilización potable directa desde el año 1968 con aguas residuales altamente tratadas y mezcladas con otras fuentes de agua potable. Las aguas recuperadas constituyen cerca del 35% del agua potable de la ciudad. La reutilización potable, a pesar de sus dificultades potenciales en otras partes, es un elemento indispensable en el sistema hídrico de Windhoek y ha demostrado ser una opción confiable y sostenible. Un estudio de caso de California del Sur muestra que sus aguas residuales estabilizan el suministro de agua para una gran población urbana y una región agrícola principal, crea ahorros de energía, que van desde 0.7 hasta 1 teravatio por hora por año; y ahorra aproximadamente entre US\$50 millones y USD\$ 87 millones al año (*Schroeder et al, 2012*).

Recuadro 9. Ciudad de México: reabastecimiento de los acuíferos de aguas abajo.

La ciudad de México históricamente dependió de las aguas subterráneas para satisfacer sus necesidades hídricas. Cuando las extracciones superaron las tasas de recarga, el hundimiento resultante del suelo dañó el sistema de alcantarillado, mezclando escorrentía de las aguas pluviales con las aguas residuales y causando problemas estructurales en los edificios. En respuesta, la ciudad de México cambió a transferencias de agua desde las cuencas circundantes para aumentar su abastecimiento, pero esta estrategia está también alcanzando sus límites. Se requerirán nuevas transferencias desde mayores distancias y lo largo de gradientes más escarpadas, todas con altos costos sociales, ambientales y económicos.

Esta megaciudad también produce grandes cantidades de aguas residuales. Hoy en día, el 12% de sus aguas residuales se trata y se reutiliza en la irrigación de paisajes y de la agricultura, en procesos industriales, en actividades comerciales y en la recarga de acuíferos. Las aguas residuales sin tratar también se reutilizan extensivamente. Tradicionalmente, las aguas residuales de la ciudad han fluido río abajo hasta el valle de Tula, donde se ha utilizado para riego agrícola. Las comunidades agrícolas ubicadas río abajo valoran las ganancias de productividad y las oportunidades de cultivo durante todo el año aportadas por este recurso hídrico rápidamente disponible y rico en nutrientes.

Donde el suelo es permeable, los acuíferos en el valle de Tula han sido recargados por las aguas residuales las cuales se almacenan en las áreas de almacenamiento sin cobertura. Los estudios han estimado que los índices de recarga de los acuíferos de las áreas río abajo son 13 veces el índice natural.

Varios procesos físicos, químicos y biológicos purifican las aguas residuales conforme se transportan, se almacenan y se reutilizan para la irrigación. En las últimas dos décadas, las evaluaciones de calidad del agua han indicado que la calidad de las aguas subterráneas es equivalente a las de fuentes hídricas ubicadas río arriba que abastecen la ciudad de México. Aun así, existen signos de contaminantes emergentes y altas concentraciones de sal en algunas de las fuentes, lo que indica claramente la necesidad de evaluaciones adicionales.

El acuífero recargado en el valle de Tula podría convertirse en una nueva fuente hídrica para la mayor área de la ciudad de México. El Programa de Sostenibilidad Hídrica del 2007 lanzado por la Comisión Nacional del Agua prevé la importación de aguas subterráneas desde las áreas de río abajo para abastecer a la ciudad. A largo plazo, la ciudad tendrá que adoptar un enfoque más amplio y coordinado, y encontrar soluciones integrales a todos sus problemas de gestión hídrica: la sobreexplotación de las aguas subterráneas, el hundimiento del suelo, los riesgos de inundación, la calidad del agua en deterioro, el suministro poco confiable, el uso hídrico ineficiente, las instalaciones de tratamiento de aguas residuales escasas y la recuperación de costos para los servicios hídricos.

El Distrito Federal de la ciudad de México está buscando un mejor equilibrio entre extracción de las aguas subterráneas y la recarga. En el 2007, este lanzó un plan multisectorial a 15 años para promover medidas de ahorro de agua para los consumidores (la contabilización de todos los usuarios y el mejoramiento del cobro de facturas), reducir pérdidas de la red (poniendo en regla las conexiones ilegales) e incrementando el tratamiento y la reutilización de las aguas residuales (mediante la construcción de plantas de tratamiento terciario para la producción de agua de recarga). Con estas medidas, el Plan Verde busca reducir la extracción de agua subterránea en un 10% y el sobreregiro en un 25%.

Fuentes: Jiménez and Chávez, 2004; Jiménez, 2008; Jiménez and Chávez, 2010; CONAGUA, 2011.

7.3. Gestión de las aguas de lluvia

La gestión de aguas de lluvia puede mitigar episodios de lluvia intensos y mejorar las fuentes de agua locales. Las ciudades que sufren de inundaciones tienen varias opciones para gestionar la escorrentía de aguas pluviales urbanas, tales como el uso de lagunas de retención, áreas permeables, zanjas de infiltración y sistemas naturales para frenar el agua. Lodz, Polonia, y Belo Horizonte, Brasil, usan tales sistemas, y Birmingham, Inglaterra, está experimentando con techos verdes para lograr el mismo efecto (SWITCH, 2011). Las zonas verdes absorben agua y proporcionan servicios ecosistémicos a menores costos que los sistemas de drenaje de la escorrentía de aguas pluviales convencionales (Bolund and Hunhammar, 1999), en los cuales la escorrentía y las aguas de lluvia urbanas se contaminan y deben ser tratadas.

7.3.1. Recolección de aguas de lluvia

La recolección de aguas de lluvia puede ayudar a hacer frente a la escasez hídrica en el nivel de los hogares y puede ser fácil y rentable de implementar. La recolección del agua que fluye o de la que cae del techo proporciona un suministro directo de agua y se pueden recargar las aguas subterráneas, a la vez que se reducen las inundaciones. Tales medidas pueden ser una solución inmediata para acompañar las mejoras de infraestructura a largo plazo en el suministro de agua y de drenaje. Hasta la fecha, generalmente, hace falta documentación completa de los criterios de diseño, de costos, de beneficios, de efectos y de limitaciones de la adopción a gran escala. Esta información sería necesaria para evaluar la viabilidad de una ampliación a escala.

7.3.2. Desalinización

La desalinización de agua salobre y de agua de mar es cada vez más económica, gracias a avanzadas tecnologías de membrana y a la mejora de la eficiencia energética (Bergkam and Sadoff, 2008; Blue Plan-MAP-UNEP, 2007). El costo de producir agua desalinizada se estima en \$0.60 - \$0.80 por metro cúbico (Blue Plan-MAP-UNEP, 2007). En los países que han agotado la mayor parte de sus recursos hídricos renovables, el agua desalinizada satisface tanto la demanda de agua potable como la demanda para el agua de la industria. Aunque su uso en la agricultura sigue siendo limitado, el agua desalinizada está apoyando cada vez más el cultivo de cosechas de alto valor en invernaderos (Blue Plan-MAP-UNEP, 2007).

7.4. Tecnologías que apoyan la GIAU

Una serie de innovaciones —no sólo nuevas tecnologías, sino nuevas formas de utilizar las tecnologías existentes— se está utilizando en la GIAU.

7.4.1. Membranas

Las tecnologías avanzadas de tratamiento se están convirtiendo cada vez más en las opciones más preferidas para el tratamiento del agua, de las aguas residuales y de la escorrentía de las aguas de lluvia. Ellas ayudan a hacer frente a normas estrictas, a mejorar las capacidades (por lo tanto, a reducir sus huellas) y a manejar los contaminantes que no pueden ser gestionados con tecnologías convencionales. Debido a sus mejores capacidades y desempeños, las tecnologías basadas en membranas y en bioreactores de membrana están incursionando en los mercados de regiones con mucha escasez de agua, ya que permiten el reciclaje de los residuos y el uso de fuentes alternativas (como el agua salobre y el agua de mar).

El costo de los sistemas de membrana se ha reducido drásticamente en la última década. Los materiales robustos y durables de membrana, así como los sistemas de membrana de baja energía (en algunos casos, manejados por la gravedad) se están desarrollando. Otras tecnologías, como los sistemas fotovoltaicos con una fuente de energía renovable (de energía solar) y los procesos de oxidación, que se pueden mejorar con procesos catalíticos en combinación con los sistemas de membrana, están entrando en el mercado. Esta tendencia va a permitir a los servicios públicos mejorar sus sistemas.

7.4.2. Nanotecnología y celdas microbianas de combustible

Los conceptos de nanotecnología están siendo investigados para obtener membranas de mayor rendimiento con propiedades que permitan menores grados de acumulación de materiales no deseados, que mejoren la conductividad hidráulica y que tengan más características selectivas de rechazo/transporte. Están surgiendo celdas microbianas de combustible, una potencial tecnología de punta que será capaz de capturar energía eléctrica directamente de la materia orgánica presente en el flujo de desechos durante el proceso de las actividades microbianas. Aunque estas tecnologías están todavía en sus primeras etapas de desarrollo y se necesitan avances significativos en el proceso de eficiencia, de demostración y de producción a escala comercial, ellas tienen el potencial para mejorar los desempeños de procesos de tratamiento y de mejorar la eficiencia del uso de los recursos.

7.4.3. Sistemas naturales de tratamiento

Los sistemas naturales de tratamiento (SNT) utilizan procesos naturales para mejorar la calidad del agua, para mantener el medio ambiente natural y para recargar fuentes hídricas subterráneas agotadas. Por ejemplo, los SNT se utilizan cada vez más para tratar y retener la escorrentía de las aguas

pluviales, las aguas residuales y los flujos de agua potable. Los SNT tienen la ventaja de ser capaces de eliminar una amplia variedad de contaminantes simultáneamente, lo que los hace un sistema total de tratamiento en sí mismos y por lo que están siendo cada vez más usados para la recuperación de agua.

7.4.4. Separación de la fuente de los flujos de desechos

La clave para la aplicación de la mayor parte de las nuevas tecnologías de tratamiento es la separación de los diferentes flujos de aguas residuales de acuerdo a su carga de contaminación. La mayor parte de los contaminantes de interés en las aguas residuales están contenidos en las aguas negras. Por ejemplo, la mayor parte de los contaminantes orgánicos y microbianos están generados a partir de materia fecal (que representa sólo el 25% de los desechos domésticos), mientras que la mayor parte del nitrógeno y de los contaminantes emergentes, como los compuestos farmacéuticamente activos y los compuestos endocrinos que producen alteraciones, están presentes principalmente en la orina .

Las nuevas tecnologías, como los sistemas de alcantarillado de vacío y los inodoros de separación de orina, que reducen la mayor parte del nitrógeno y de las trazas de contaminantes orgánicos, han hecho posible manejar una pequeña y concentrada cantidad de residuos.

Estas tecnologías crean oportunidades para la reutilización de las aguas grises en la fuente y la recuperación y reutilización de los nutrientes. También reducen el costo de los sistemas de alcantarillado extensos y reducen al mínimo (incluso, evitan) el uso de agua limpia para acarrear residuos.

Una visión general de las tecnologías innovadoras que apoyan la GIAU se proporciona en la tabla 4.

Tabla 4. Tecnologías innovadoras y sus beneficios para la GIAU

Tecnología innovadora	Beneficios para la GIAU
1. Sistema natural de tratamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Añade multifuncionalidad (tratamiento integrado y funciones del ambiente). • Mejora la calidad ambiental. • Utiliza el elemento natural, los rasgos y el proceso (suelo, vegetación, microorganismos, cursos de agua, etc.). • Es robusto y flexible/adaptativo. • Minimiza el uso de químicos y de energía. • Promueve la reutilización de agua y la recuperación de nutrientes.
2. Nanotecnología y celdas microbianas de combustible	<ul style="list-style-type: none"> • Proporciona acceso a una fuente de energía “verde” barata (posibilita la captación de energía eléctrica directamente de la materia orgánica presente en el flujo de desecho).
3. Bioreactores de membrana (aguas residuales)	<ul style="list-style-type: none"> • Mejora la nueva estrategia para la gestión hídrica para llevar adelante la reutilización de agua. • Reducción de la huella de la planta. • Puede fácilmente actualizar los procesos de tratamientos de agua residuales para desempeños mejorados. • Ofrece flexibilidad operativa (apta para la operación remota). • Gestiona los temas ambientales (atractivo visual, ruido y olor)
4. Tecnologías de membrana (tanto para agua como para aguas residuales).	<ul style="list-style-type: none"> • Promueve los sistemas descentralizados que minimizan la huella ambiental. • Mejora la eliminación de contaminantes y promueve el reciclaje del agua. • Minimiza el uso de químicos. • Mejora la flexibilidad del sistema y permite sistemas de tratamiento a pequeña escala.
5. Separación de la fuente.	<ul style="list-style-type: none"> • Promueve la reutilización del agua y la recuperación de nutrientes. • Promueve sistemas pequeños (descentralizados que pueden ser fácilmente gestionados). • Evita las complicaciones y los costos de lidiar con desechos mezclados.
6. Fermentación anaeróbica (UASB)	<ul style="list-style-type: none"> • Produce biogás. • Promueve la recuperación de energía de las aguas residuales.

7.5. Búsqueda de la escala adecuada

La implementación de estas tecnologías a escalas apropiadas permite a los sistemas de gestión hídrica urbanos aprovechar al máximo cada gota de agua. En sistemas semicentralizados, el agua se extrae, se utiliza, se trata, se reutiliza y se descarga en distancias cortas. Los sistemas semicentrales fomentan las tecnologías avanzadas de tratamiento para aguas residuales lo cual posibilita

el reciclaje de aguas grises, así como también el cierre del circuito de las aguas negras en un entorno descentralizado (Otterpohl et al., 2003).

La clave para la aplicación de la mayoría de las nuevas tecnologías de tratamiento es la capacidad de separar los diferentes flujos de aguas residuales de acuerdo con su carga de contaminación. Para los usuarios domésticos, el agua marrón (materia fecal), agua amarilla (orina), aguas grises (aguas residuales de fregaderos, duchas, lavadora, etc.) y aguas pluviales (escorrentía de aguas pluviales) se gestionan de forma independiente.

Los sistemas semicentralizados tienen potenciales de ahorro de agua de hasta el 80% del consumo de agua dulce (Bieker et al., 2010; Otterpohl et al., 2003). Por lo tanto, los sistemas semicentralizados pueden ayudar a abordar los problemas que surgen de la escasez hídrica, así como la rápida urbanización. Además, se pueden emplear las tecnologías que permitan la minimización de la demanda energética para el transporte de agua y para la recuperación de la energía de las aguas residuales (tales como recuperación de calor de las aguas grises y la producción de biogás a partir del agua marrón). Los conceptos de sistemas de tratamiento semicentrales ya están implementados en Qingdao, China, y Hanoi, Vietnam (Bieker et al., 2010).

7.6. Sistemas hídricos urbanos flexibles y adaptables

Teniendo en cuenta las diversas incertidumbres y presiones asociadas con el crecimiento de la población y con el cambio climático, las ciudades necesitan sistemas flexibles que sean capaces de hacer frente a las incertidumbres y a adaptarse a las nuevas o cambiantes necesidades (Ashley et al., 2007; Schmitt, 2006). La clave es basarse en “opciones de flexibilidad”. Estas opciones pueden estar relacionadas con los aspectos técnicos del diseño que permite al sistema adaptarse a su medio ambiente o a las decisiones de gestión durante la planificación y el funcionamiento del sistema (de Neufville, 2002).

Un enfoque modular para el diseño del sistema hídrico urbano aumenta el número de posibles configuraciones de un determinado conjunto de insumos (sistemas adaptativos complejos). El SWITCH (ICLEI, 2011) ha desarrollado un repertorio diverso de opciones alternativas para los sistemas hídricos urbanos que tienen grados internos de libertad que optimizan su flexibilidad y sostenibilidad en el tiempo. Por ejemplo, en relación con la gestión de la escorrentía de las aguas pluviales, las medidas descentralizadas a pequeña escala, tales como dispositivos de infiltración, tienen la capacidad de responder a los cambios en las condiciones límite.

En relación con los sistemas flexibles de saneamiento, hay un cambio progresivo desde los sistemas centralizados mixtos a los sistemas descentralizados, basado en un control de la fuente y en un tratamiento separado de los flujos de las aguas residuales domésticas concentrados y diluidos. En relación con las tecnologías de proceso para el tratamiento de agua y de las aguas residuales, el uso de sistemas naturales es cada vez más popular. Una de las principales características de estos sistemas naturales consiste en su adaptabilidad a casi todas las aplicaciones concebibles y a las oportunidades mejoradas de renovación y de reajuste (esenciales para la flexibilidad).

7.7. Tarifas, pagos y otras herramientas económicas

Los servicios hídricos suelen ser responsabilidad de los gobiernos locales (*Serageldin, 1994*). Sin embargo, en el Sur Global, los ingresos de los gobiernos locales son a menudo insuficientes para mantener el ritmo de los cambios demográficos y de los desarrollos físicos. Al mismo tiempo, el potencial de recuperación de costos de los proveedores del servicio comercial se ve limitado por los ingresos bajos promedio de los usuarios.

Además, la disposición de pagar por el agua a menudo varía con la calidad del servicio, por lo tanto, los ingresos insuficientes para el funcionamiento y el mantenimiento pueden conducir a un ciclo de deterioro del servicio y a la disminución de la recuperación de costos.

Mientras los precios del agua que reflejan las condiciones de escasez hídrica y los costos reales de desarrollar y de prestar los servicios de abastecimiento hídricos pueden alentar una gestión hídrica más eficiente por parte de todos los usuarios, la asignación de precios debe continuar cumpliendo la función del agua como bien social. Esto debe tenerse en cuenta al planificar las tarifas hídricas, de manera que los derechos de los grupos vulnerables estén protegidos (*Visscher et al., 1999; Peña, 2011*). Los mecanismos de cobro adoptados deben ser apropiados y reflejar tanto las condiciones locales socioculturales como las condiciones económicas.

7.7.1. Herramientas financieras y de inversión

Las inversiones realizadas por los gobiernos nacionales para desarrollar los recursos hídricos han sido tradicionalmente ensombrecidas por las inversiones en el transporte, la energía, las telecomunicaciones y el ejército. Los organismos internacionales han tenido presupuestos limitados para el agua y el saneamiento urbanos (*Hardoy et al., 2001*). La parte de la financiación

privada en proyectos de infraestructura hídrica también ha sido relativamente pequeña; del total de inversiones en infraestructuras privadas entre 1990 y el 2002, apenas 5.4% se destinó al desarrollo de sistemas hídricos (OECD, 2003). Las transferencias fiscales y los subsidios cruzados pueden ser necesarios para hacer frente al agotamiento de los recursos y a la inequidad (UNDP, 2006).

7.7.2. Pago por servicios ecosistémicos

Algunas estrategias financieras han buscado capitalizar el valor de los servicios ecosistémicos para la salud, la seguridad alimentaria y los medios de vida, tanto de las comunidades urbanas como rurales. Un enfoque que está ganando aceptación es el pago de los servicios ecosistémicos. A los propietarios de tierras y a los usuarios se les da incentivos (a menudo, monetarios) por involucrarse en prácticas del uso del suelo que proporcionan un servicio ecológico.

Dentro del sector hídrico, los modelos de pago han sido diseñados en el contexto de cuenca. Las comunidades río abajo, por ejemplo, pagan a los usuarios del agua río arriba que se abstienen de prácticas que atentan contra la integridad y la calidad de los flujos hídricos. El pago por servicios ecosistémicos representa, así, una herramienta para la gestión conjunta de los recursos naturales en todos los límites de la ciudad (DST, 2008; Mafuta et al., 2011).

7.8. Adaptación al cambio climático

Las medidas prácticas para promover la GIAU —incluidos los esfuerzos para integrar el ciclo hídrico urbano y los sectores de gestión urbana, para mejorar la eficiencia del uso y la distribución del agua y garantizar el reciclaje de aguas residuales, la protección contra inundaciones y la gestión transfronteriza— también ayudan a las ciudades a crear capacidad de adaptación ante el cambio climático (UN WWAP, 2011).

Al igual que con todos los enfoques prácticos de la GIAU, los costos y los beneficios de las herramientas para hacer que el sector hídrico sea a prueba del clima se deben sopesar cuidadosamente. El almacenamiento hídrico natural y artificial, por ejemplo, controla las inundaciones y asegura el acceso al agua durante los períodos secos (WHO and DFID, 2009), pero no todos los países pueden costear la infraestructura de almacenamiento hídrico. Si las redes de transporte y de suministro son inadecuadas, las propias instalaciones de almacenamiento hídrico no garantizan la seguridad del agua. Por otra parte, construir un almacenamiento hídrico sin mejorar simultáneamente la

eficiencia en el uso del agua puede crear una falsa impresión de abundancia e, inadvertidamente, acelerar el agotamiento del recurso (*Sadoff and Muller, 2009*).

En el pasado, las ciudades favorecieron soluciones de infraestructura a gran escala, pero estos sistemas "duros" y la rigidez institucional que los apoyaba tuvieron dificultades para adaptarse a circunstancias inesperadas. La "estacionariedad" es el supuesto de que los cambios en los sistemas naturales no excederán lo que ha sido visto en observaciones históricas; la capacidad excedente en las infraestructuras de suministro, de aguas residuales y de escorrentía de aguas pluviales se construyen según corresponda (*Loftus, 2011*). El cambio climático antropogénico está ahora socavando el supuesto básico de estacionariedad y los enfoques de gestión que este sustenta (*Milly et al., 2008*).

Es probable que la gestión de la demanda, el desarrollo de recursos alternativos y otros enfoques flexibles sean menos vulnerables a las nuevas circunstancias. La descentralización es otro: varios sistemas naturales de tratamiento a pequeña escala de diferentes lugares pueden representar un riesgo menor que, por ejemplo, una única gran planta de tratamiento de aguas residuales. En ciertos contextos, los sistemas descentralizados pueden ser más fáciles de instalar y más rentables para mantener (*Loftus, 2011*).

8. EL FUTURO DE LA GOBERNANZA HÍDRICA URBANA

Una gobernanza hídrica sólida es fundamental para garantizar la salud humana y la salud ambiental. Esta requiere políticas, planes y programas nacionales sólidos, así como también instrumentos para medir y evaluar los progresos. Las áreas urbanas requieren pasar de un estado de usuarios hídricos a uno de proveedores y gestores hídricos. Con las actuales opciones de tecnologías y de gestión, las cantidades y calidades hídricas pueden ser gestionadas de manera más efectiva y eficaz para diferentes propósitos.

Los enfoques integrados pueden suministrar agua a usuarios específicos en cantidades y calidad apropiadas y en un momento preciso, sin comprometer la disponibilidad del recurso para los demás. Los administradores pueden enfrentar la escasez existente o evitar una inminente escasez hídrica promoviendo la eficiencia en el uso del agua y de fuentes hídricas alternativas, incluidas las aguas residuales y de lluvia. Los nuevos enfoques para la captación, el transporte, el tratamiento y la gestión de las aguas negras pueden mejorar la recuperación de recursos y mitigar la tensión sobre los recursos hídricos provocada por desafíos como la alta densidad de población, la expansión urbana y el cambio climático.

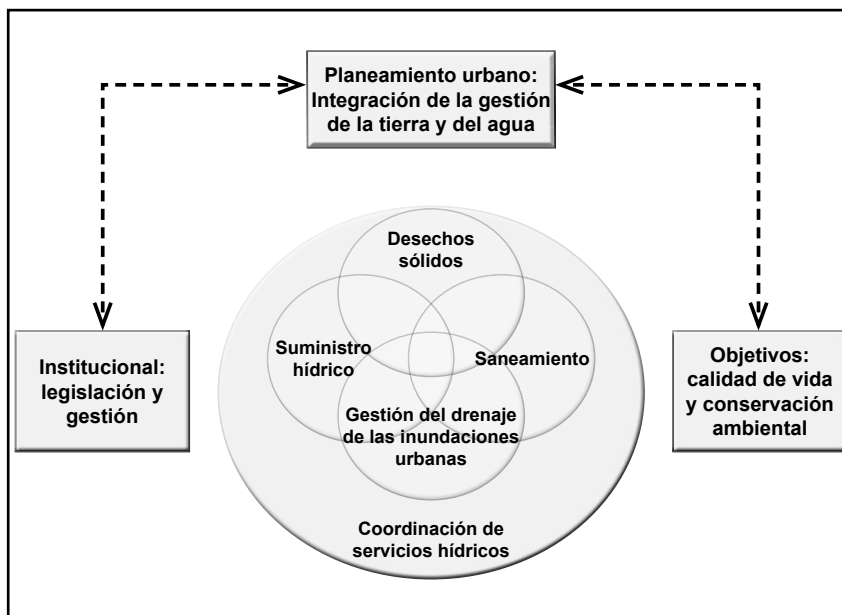


Figura 8: Gestión Integrada de las Aguas Urbana

Fuente: Tucci, 2009.

La GIAU requiere el desarrollo de la planificación y gestión para todos los componentes de los servicios hídricos urbanos (véase figura 8). Estos servicios están interconectados y requieren un alto nivel de integración. La coordinación de las estructuras y de los foros asegurará la comunicación entre departamentos, entre los niveles de gobierno y con las comunidades y las partes interesadas.

Los planificadores urbanos tienen un papel importante al ayudar a los gobiernos a superar la fragmentación en la formulación de políticas públicas y en la toma de decisiones vinculando la planificación con las actividades de otros sectores de la política, como la provisión de infraestructura y la adopción de enfoques colaborativos que involucren a todas las partes interesadas en la determinación de prioridades, acciones y responsabilidades (véase la figura 9). Esto puede implicar nuevos métodos para la coordinación y control del uso del agua entre agencias, como una nueva institución o un comité ejecutivo que tenga la autoridad y la capacidad para regular y hacer cumplir las normas y procedimientos.

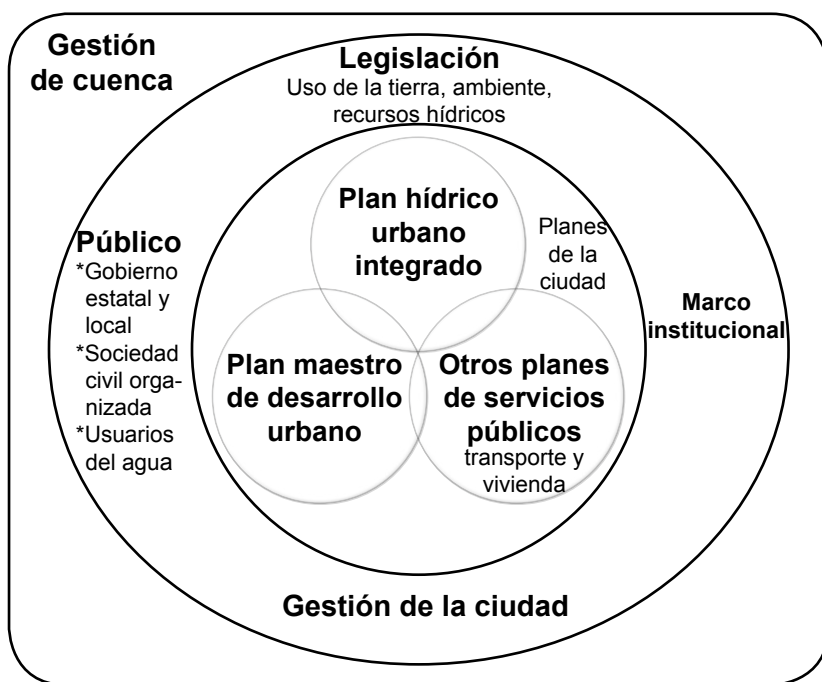


Figura 9. Marco para la gestión integrada de aguas urbanas y la planificación del uso de la tierra. Fuente: adaptado de Tucci et al., 2010

Las políticas hídricas urbanas integradas basadas en una gobernanza participativa, democrática y pluralista pueden asegurar el desarrollo sostenible, particularmente si los gobiernos adoptan políticas urbanas claras como parte integral de sus políticas económicas (UNDP, 2002). Los cambios serán necesarios para modificar las actitudes y estimular formas innovadoras, eficientes y sostenibles para la gestión del recurso hídrico.

8.1. Mensajes claves

8.1.1. La GIAU

1. La GIAU es la gestión mejorada y eficiente de las distintas cantidades y calidades de agua para diferentes propósitos dentro del área urbana. Esta comprende las fuentes hídricas convencionales y alternativas: agua dulce (aguas superficiales, aguas subterráneas, aguas de lluvia, aguas desalinizadas), aguas residuales (negras, amarillas, marrones, grises y aguas recuperadas) y escorrentía de las aguas pluviales dentro de la estructura de la gestión del recurso, es decir, el área urbana.
2. La GIAU exige la puesta en concordancia del desarrollo urbano y de las agendas de gestión de cuencas con el fin de asegurar las relaciones económicas, sociales y ambientales sostenibles a lo largo del continuo urbano-rural.
3. La GIAU es un proceso adaptativo e iterativo que permite a las ciudades responder a los cambios.
4. La GIAU abarca aspectos económicos, ambientales, sociales, técnicos y políticos de la gestión hídrica. Un enfoque exitoso de la GIAU requiere un proceso estructurado que involucre a las comunidades para reflejar sus necesidades y sus conocimientos sobre la gestión hídrica.

8.1.2. Instituciones, políticas y regulaciones

Relaciones intersectoriales

1. El logro de un desarrollo urbano sostenible requiere prestar atención a las relaciones entre los recursos hídricos, la energía y el uso del suelo.
2. El desarrollo de ecociudades puede permitir el uso de los productos de desecho para satisfacer las necesidades de energía urbana y de materiales.
3. Los presupuestos para toda la ciudad y los planes para todos los recursos pueden facilitar las relaciones intersectoriales. Pero, su mantenimiento requiere que se establezca una cultura común de trabajo que articule claramente los objetivos colectivos y los beneficios respectivos y negocie las diferencias que se presenten en el poder y en los recursos.

Función de los gobiernos

1. Los gobiernos deben asumir una función central mayor en las ciudades y los pueblos, con el fin de guiar las iniciativas de desarrollo y garantizar que se satisfagan las necesidades básicas.
2. Se debe prestar atención especial al apoyo del sector urbano informal, el cual es vital para una economía urbana sostenible.
3. En colaboración con socios del sector público y del sector privado, las políticas y las estrategias deben ser desarrolladas para facilitar la implementación de la GIAU en los niveles local y nacional. Estas políticas y estrategias deben ser apoyadas mediante el financiamiento de estrategias, de desarrollos tecnológicos y de herramientas para la toma de decisiones para la GIAU.

Planeamiento urbano

1. El planeamiento urbano tiene un papel importante que desempeñar para ayudar a los gobiernos a afrontar los retos urbanos. Este puede ayudar a superar la fragmentación de la gobernanza en la formulación de políticas públicas y en la toma de decisiones, vinculando el planeamiento con las actividades de otros sectores de la política, como el de provisión de infraestructura.
2. Las predicciones del cambio climático deben ser incorporadas en el planeamiento del suministro hídrico urbano.
3. El planeamiento urbano y la gestión se pueden mejorar adoptando enfoques colaborativos que involucren a todas las partes interesadas clave y que posibiliten acuerdos sobre prioridades, acciones y asignación de responsabilidades entre las agencias pertinentes.
4. La mayoría de las ciudades del mundo desarrollado han seguido un proceso longitudinal de proporcionar sistemas de suministro hídricos, luego, redes de alcantarillado y, finalmente, los sistemas de drenaje. Sin embargo, en muchas ciudades y pueblos urbanos pequeños emergentes, que carecen de sistemas completos de infraestructura, existen oportunidades para poner en práctica enfoques innovadores y rentables que posibiliten un enfoque de la GIAU desde el principio.

Creación de capacidades

Es necesario fomentar la capacidad del personal y de las instituciones dedicadas a la GIAU para asegurar que puedan ofrecer lo que se espera de ellos. Donde no hay políticas nacionales claras sobre el manejo hídrico, la GIAU puede guiar a los consejos locales y urbanos en la concepción de políticas que establezcan claramente la dirección de la gestión hídrica. Las políticas hídricas deben estar respaldadas por una legislación eficaz para dar vida a las políticas.

8.1.3. Tecnologías y prácticas

1. Las tecnologías avanzadas, como las tecnologías de membrana, la nanotecnología y las celdas microbianas de combustible, los sistemas naturales de tratamiento y los sistemas de tratamiento con separación de la fuente, tienen un gran potencial para la GIAU. Del mismo modo, algunos de los enfoques innovadores para la planificación del sistema hídrico urbano incluyen la planificación de múltiples beneficios en los usos hídricos urbanos y en el diseño del sistema semicentralizado y descentralizado, lo que posibilita el uso, la reutilización y la recuperación eficiente de recursos en un área urbana.
2. El diseño de sistemas de infraestructura adaptables y flexibles, que respondan a los cambios, a las presiones y a las incertidumbres futuras, asegurarán el mejoramiento de desempeño de los sistemas, reducirán los riesgos de las fallas en los sistemas y optimizarán los costos del ciclo de vida en desarrollo.
3. Existe una gama de opciones tecnológicas y de gestión que pueden ser implementadas (pequeños trabajos hídricos de cañerías; suministros de agua locales o en la propia instalación que sean sostenibles y asequibles a nivel local; servicio de saneamiento y tecnologías a lo largo de la cadena de valor; técnicas de captación de aguas de lluvia; nuevas tecnologías y enfoques para el tratamiento y el reciclaje de aguas residuales; y nuevos modelos de negocio).

Ahorros de agua

1. Las evaluaciones de los recursos hídricos determinan las cantidades y calidades del agua para una base de recurso hídrico dado, y las demandas actuales y esperadas que se imponen a este recurso.
2. La sostenibilidad de las operaciones e inversiones para el agua, para las aguas residuales y para las escorrentías de las aguas de lluvia requiere mejorar la eficiencia económica de los servicios.
3. Las medidas de eficiencia reducen al mínimo las pérdidas de agua durante el transporte, el almacenamiento y el uso. La reducción de la pérdida de agua implica aspectos relacionados con el diseño, la construcción y la operación y mantenimiento de sistemas, así como los cambios en el comportamiento del usuario.
4. La reducción del agua no facturada es una estrategia importante para la conservación de los escasos recursos hídricos. En algunos lugares, esto puede conseguirse mediante una mayor cooperación con el sector privado —ya sean empresarios y empresas de pequeña escala o contratistas a gran escala—. Los diferentes tipos de acuerdos de asociación están disponibles; su idoneidad debe ser evaluada caso por caso.

Multiplicación y diversificación de las fuentes para la confiabilidad futura

1. La diversificación del portafolio de abastecimiento hídrico urbano es una característica central de la GIAU. Un componente fundamental de fiabilidad futuro es el desarrollo y la gestión de los suministros locales y de los programas de conservación. La conservación del agua, las escorrentías locales, el agua importada, la desalinización y el agua subterránea pueden ofrecer algunas oportunidades en el futuro. Pero las ciudades deben diversificar sus fuentes de agua e incrementar el uso de agua producida localmente (a través de la captación de aguas de lluvia y de la reutilización de este recurso) para asegurar un suministro adecuado y confiable para el futuro.
2. La recuperación y la reutilización del agua proporciona una oportunidad para aumentar suministros hídricos tradicionales y para utilizar los suministros hídricos de la ciudad de manera eficiente. La reutilización del agua puede ayudar a cerrar el circuito entre el abastecimiento de agua y la eliminación de las aguas residuales. La reutilización eficaz del agua requiere integrar las funciones del agua y del suministro hídrico recuperado. El desarrollo exitoso de este recurso hídrico depende de un enfoque integrado y de una consideración cuidadosa de los aspectos institucionales, organizativos, regulativos, socioeconómicos, de política de asignación de precios, ambientales y técnicos.

Participación

1. La planificación participativa a nivel de proyecto puede resultar en un diseño más apropiado y en contribuciones más significativas de los residentes, lo cual lleva a mejorar las condiciones de vida de los asentamientos de bajos ingresos.
2. La participación de los residentes en la planificación e implementación de mejoramientos prácticos en las áreas donde viven y trabajan, en el presupuesto municipal y en la preparación de un plan local tiene resultados positivos y puede ser ampliado para desempeñar una función en el planeamiento a nivel de ciudad.
3. Los procesos participativos se comprometen con el abastecimiento de agua y de saneamiento urbanos para las comunidades pobres o si no marginadas.

8.1.4. Financiamiento

Oportunidades de negocio a lo largo de toda la cadena de valor

Existen oportunidades de negocio a lo largo de toda la cadena de valor. Al motivar a los empresarios a pequeña escala para aprovechar estas oportunidades de negocio a través de la provisión de crédito y de información también puede mejorarse la sostenibilidad de los servicios.

Tarifas

1. Una sólida política de asignación de precios puede fomentar la generación de ingresos. Tales políticas deben tener en cuenta los incentivos y las prácticas existentes. Por ejemplo, las tarifas diferenciadas que dan cuenta de la calidad del agua pueden servir como incentivos para limitar el uso de aguas superficiales o subterráneas en favor del agua recuperada.
2. Los precios y las asignaciones del agua deben reflejar los costos reales de desarrollar y proporcionar suministros hídricos. Los precios exactos alentarán una gestión sabia del agua entre todos los usuarios, en consonancia con una estrategia de gestión hídrica urbana integrada.
3. Los sistemas de tarifas, los impuestos y los subsidios pueden ser usados para transferir los beneficios a grupos vulnerables sin disminuir la productividad económica de los recursos hídricos. Si las tarifas son demasiado bajas para apoyar la operación y el mantenimiento sostenibles, en lugar de favorecer a los consumidores más pobres, el sistema puede contribuir a aumentar la desigualdad. Los instrumentos de fijación de precios, tales como las estructuras de cuotas de bloques escalonadas y de cobros por uso excesivo, se fijan de manera que los usuarios paguen más por los niveles más altos de consumo. Otros incentivos financieros, tales como las devoluciones, las reconversiones subvencionadas y las auditorías hídricas, la fijación de precios en función de la estación y fijación de precios por zonas, también pueden ser utilizadas.

Inversiones

1. Los proyectos de la GIAU requieren importantes niveles de financiamiento tanto para capital como para cubrir los costos de operación y de mantenimiento. Las agencias públicas de muchos países, sin embargo, tienen una capacidad limitada para invertir en infraestructura hídrica. Las políticas apropiadas y las instituciones que funcionan bien pueden facilitar la recaudación de fondos. Los programas que generan ingresos mediante el cobro de una tarifa a usuarios hídricos por unidad de efluentes generados por ellos (el principio de quien contamina paga) pueden mejorar la rentabilidad del tratamiento y de la reutilización, en particular, cuando los ingresos se destinan a la construcción de instalaciones para la captación, el tratamiento y la reutilización de aguas residuales.

REFERENCIAS

- Abaidoo, R., Keraita, B., Drechsel, P., Dissanayake, P. and Maxwell, A. 2009. Soil and crop contamination through wastewater irrigation and options for risk reduction in developing countries. In P. Dion (Ed.) *Soil Biology and Agriculture in the Tropics*. Springer Verlag, Heidelberg.
- Abderrahman, W. 2000. Urban water management in developing arid countries. *Water Resources Development*. Vol. 16. pp. 7–20.
- ADB (Asian Development Bank). 2010. *Every Drop Counts: Learning from good practices in eight Asian cities*. Asian Development Bank, Mandaluyong City, Philippines.
- AfDB (African Development Bank). 2011. Rapid urbanization and the growing demand for urban infrastructure in Africa. *Market Brief*. Vol. 1. Issue 1. pp. 1-12.
- Angel, S., Parent, J., Civco, D.L. and Blei A.M. 2011. *Making Room for a Planet of Cities*. Lincoln Institute of Land Policy, Cambridge, MA.
- Asano, T. 2002. Water from (waste)water – The dependable water resource, *Water Science and Technology* 45/8 (2002) 23–33.
- Asano, T. 2005. Urban water recycling. *Water Science and Technology*. Vol. 51. No. 8. pp. 83–89.
- Ashley R., Blanksby J., Cashman A., Jack L., Wright G., Packman J., Fewtrell L., Poole T. and Maksimovic C. 2007. Adaptable Urban Drainage: Addressing change in intensity, occurrence and uncertainty of stormwater (AUDACIOUS), in: *Built Environment*, 33: 70 – 84.
- Bahri, A. 2009. Managing the other side of the water cycle: Making wastewater an asset. *Global Water Partnership (GWP) Technical Committee (TEC) Background Paper No 13*. Global Water Partnership, Stockholm.
- Bahri, A., Sally, H., McCartney, M., Namara, R., Awulachew, S., Van Koppen, B. and Van Rooijen, D. 2011 “Integrated Urban Watershed Management: Towards sustainable solutions in Africa” In Garrido, A.; Ingram, H. (Eds.). *Water for food in a changing world*. London, UK: Routledge. pp. 50-70. (Contributions from the Rosenberg International Forum on Water Policy).
- Barton, A.B., Smith, A.J., Maheepala, S. and Barron, O. 2009. Advancing IUWM through an understanding of the urban water balance. 18th World IMACS / MODSIM Congress, Cairns, Australia 13-17 July 2009. <http://mssanz.org.au/modsim09>. 7 p.
- Baxamoosa, S. 2009. Karachi Water Partnership. Review of Phase 1 (January 2007- December 2008). Hisaar Foundation. 38 p.
- Barton, A.B., Smith, A.J., Maheepala, S. and Barron, O. 2009. Advancing IUWM through an understanding of the urban water balance. 18th World IMACS / MODSIM Congress, Cairns, Australia 13-17 July 2009. <http://mssanz.org.au/modsim09>. 7 p.

- Baxamoosa, S. 2009. Karachi Water Partnership. Review of Phase I (January 2007- December 2008). Hisaar Foundation. 38 p.
- Bayrau, A., Boelee, E., Drechsel, P. and Dabbert, S. 2009. Wastewater Use in Crop Production in Peri-urban Areas of Addis Ababa: Impacts on health in farm household, *Environment and Development Economics* (in press).
- Bergkamp, G. and Sadoff, C. 2008. Water in a Sustainable Economy. In *State of the World: Innovations for a Sustainable Economy*. Washington, DC: Worldwatch Institute.
- Bieker, S., Cornel, P., and Wagner, M. 2010. Semi-centralised supply and treatment systems: integrated infrastructure solutions for fast growing urban areas. *Water Science and Technology*, Vol. 61(11), pp. 2905-2913.
- Biswas, A., Lundqvist, J., Tortajada, C. and Varis, O. 2004. "Water management for megacities" *Stockholm Water Front*. Vol. 2. pp. 12–13.
- Blue Plan, MAP (Mediterranean Action Plan), and UNEP (United Nations Environment Programme). 2007. *Water Demand Management, Progress and Policies: Proceedings of the 3rd Regional Workshop on Water and Sustainable Development in the Mediterranean*. Zaragoza, Spain, 19-21 March. MAP Technical Reports Series 168. Athens: United Nations Environment Programme.
- Bolund, P. and Hunhammar, S. 1999. Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics*. Vol. 29. pp. 293-301.
- Braga, B., Porto, M. F. A. and Silva, R.T. 2006. Water Management in Metropolitan São Paulo. *International Journal of Water Resources Development*. , Vol. 22, pp.337-352.
- Browder, G. 2011. Blue water, green cities. An initiative from the World Bank for integrated urban water management in Latin America. Presentation at the 2011 World Water Week. August 24, 2011.
- Brown, R.R., Mouritz, M. and Taylor, A. 2006. Institutional capacity. In: Wong, T.H.F. (ed.) *Australian Runoff Quality: A Guide to Water Sensitive Urban Design*. Engineers Australia, Barton, Australian Capital Territory, pp. 5-1–5-22.
- Brown, R., Keath, N. and Wong, T. 2008. Transitioning to Water Sensitive Cities: Historical, Current and Future Transition States. *11th International Conference on Urban Drainage*. Edinburgh, Scotland, UK, 2008.
- Brown, P. 2009. The changing face of urban water management. *Water 21*. February 2009. pp. 28–30.
- Cohen, B. 2004. Urban Growth in Developing Countries: A Review of Current Trends and a Caution Regarding Existing Forecasts. *World Development*. Vol. 32. No. 1. pp. 23–51.
- CONAGUA, Comisión Nacional del Agua. National Water Commission. 2011.

- Corcoran, E., Nellemann, C., Baker, E., Bos, R., Osborn, D. and Savelli, H. (Eds). 2010. Sick Water? The central role of wastewater management in sustainable development. A Rapid Response Assessment. United Nations Environment Programme, UN-HABITAT, GRID-Arendal.
- Dagerskog, L., Coulibaly, C. and Ouandaogo, I. 2010. The emerging market of treated human excreta in Ouagadougou. In: UA Magazine no 23 - Urban nutrient management, pp. 45-48.
- Danilenko, A., Dickson, E. and Jacobsen, M. 2010. Climate change and urban water utilities: challenges and opportunities. *Water Working Note No. 24*. World Bank, Washington, D.C.
- Delli Priscoli, J. and Wolf, A.T. 2009. Managing and Transforming Water Conflicts. International Hydrology Series. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- de Neufville, R. 2002. Architecting/Designing Engineering Systems Using Real Options. Monograph, Engineering Systems Division Internal Symposium, Massachusetts Institute of Technology.
- DST (Desakota Study Team). 2008. Re-imagining the Rural-Urban Continuum: Understanding the role ecosystem services play in the livelihoods of the poor in desakota regions undergoing rapid change. Research Gap Analysis prepared by the Desakota Study Team (DST) for the Ecosystem Services for Poverty Alleviation (ESPA) Program of Natural Environment Research Council (NERC), Department for International Development (DfID) and Economic and Social Research Council (ESRC) of the United Kingdom. Institute for Social and Environmental Transition-Nepal (ISET-N), Kathmandu, Nepal.
- Friedmann, J. and Wolff, G. 1982. World city formation: an agenda for research and action. *International Journal of Urban and Regional Research*. Vol. 6. No. 3. pp. 309–344.
- FUSP. 2009. Plano da Bacia do Alto Tietê. Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê. São Paulo. Brasil.
- Giesen, N., Andreini, M., Edig, A. and Vlek, P. 2001. *Competition for water resources of the Volta Basin. Regional Management of Water Resources*, Maastricht, IAHS Publ. No. 268.
- Ginsburg, N., Koppel, B., and McGee, T.G. (Eds.). 1991. *The extended metropolis: settlement transition in Asia*. University of Hawaii Press, Honolulu.
- Grumbles, B.H. 2011. Managing One Water. *Water Resources Impact*. Vol. 24. pp. 25-27
- GWP (Global Water Partnership) TAC (Technical Advisory Committee). 2000. Integrated Water Resources Management. *TAC Background Paper No. 4*. Global Water Partnership, Stockholm.

- GWP (Global Water Partnership). 2010. Briefing Note: IWRM Principles and Processes: From Advocacy to Action. Accessed online (19.10.2011):http://www.gwp.org/Global/The%20Challenge/Resource%20material/Briefing_Note_Changing%20Lives.pdf
- ICLEI (Local Governments for Sustainability). 2011. SWITCH Training kit module 1 SWITCH, Delft, The Netherlands.
- Hall, P. 1966. *The world cities*. London: World University Press.
- Hamilton A.J., Stagnitti F., Xiong X., Kreidl S.L., Benke K.K. and Maher P. 2007. Wastewater irrigation the state of play. *Vadose Zone Journal*. Vol. 6. No. 4. pp. 823-840.
- Hardoy, J.E., Mitlin, D. and Satterthwaite, D. 2001. Environmental Problems in an Urbanizing World: Finding Solutions for Cities in Africa, Asia and Latin America. Earthscan, London.
- Hussein, M. A. 2008. Costs of Environmental Degradation: An Analysis in the Middle East and North Africa Region. *Management of Environmental Quality*. Vol. 19. No. 3. pp. 305-17.
- Hutton, G. and Haller, L. 2004. Evaluation of the Costs and Benefits of Water and Sanitation Improvements at the Global Level. World Health Organization, Geneva.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2007. Climate Change 2007: Synthesis Report. *Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC, Geneva.
- Jiménez, B. and Chavez, A. 2004. Quality assessment of an aquifer recharged with wastewater for its potential use as drinking source: 'El Mezquital Valley' case. *Water Science and Technology*. Vol. 50. No. 2. pp. 269–273.
- Jiménez, B. 2008. Water and Wastewater Management in Mexico City. In Mays, L. (Ed.) *Integrated Urban Water Management in Arid and Semi-arid Regions around the World*. Taylor & Francis Group Ltd., Paris, France. pp. 81-112.
- Jiménez, B. 2010. The unintentional and intentional recharge of aquifers in the Tula and the Mexico Valleys: The Megalopolis needs Mega solutions. Paper presented at Rosenberg Symposium, Buenos Aires, Argentina.
- Jiménez, B., Drechsel, P., Koné, D., Bahri, A., Raschid-Sally, L., and Qadir, M. 2010. Wastewater, Sludge and Excreta Use in Developing Countries: An Overview. In Drechsel, P., Scott, C.A., Raschid-Sally, L., Redwood, M., and Bahri, A., (Eds.) *Wastewater Irrigation and Health: Assessing and Mitigating Risk in Low-Income Countries*. Earthscan, London.
- Kamal-Chaoui, L. and Robert, A. 2009. Competitive Cities and Climate Change. *OECD Regional Development Working Papers 2009/2*. OECD Public Governance and Territorial Development Directorate, Paris.

- Keraita, B., F. Konradsen, P. Drechsel, and Abaidoo, R. C. 2007. Effect of Low-Cost Irrigation Methods on Microbial Contamination of Lettuce Irrigated with Untreated Wastewater. *Tropical Medicine and International Health*. Vol. 12. Issue. 2. pp. 15-22.
- Keraita, B., Jiménez, B. and Drechsel, P. 2008. Extent and implications of agricultural reuse of untreated, partly treated and diluted wastewater in developing countries. *Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*. Vol. 3. No. 58. pp 1-15.
- Khatri, K., and Vairavamoorthy, K. 2007. Challenges for urban water supply and sanitation in the developing countries. Symposium 13-15 June, 50th Anniversary UNESCO-IHE, Delft.
- Kingdom, B., Liemberger, R. and Marin, P. 2006. The challenge of reducing non-revenue water (NRW) in developing countries. How the private sector can help: A look at performance-based service contracting. *Water and Sanitation Sector Board Discussion Paper Series*. No. 8. World Bank: Washington, D.C.
- Loftus, A. 2011. Adapting urban water systems to climate change: A handbook for decision-makers and the local level. ICLEI, UNESCO-IHE and IWA.
- Mafuta, C., Formo, R. K., Nellemann, C., and Li, F. (Eds.). 2011. Green Hills, Blue Cities: An Ecosystems Approach to Water Resources Management for African Cities. *A Rapid Response Assessment*. United Nations Environment Programme, GRID-Arendal.
- Mays, L.W., Koutsoyiannis, D. and Angelakis, A.N. 2007. A brief history of urban water supply in antiquity. *Water Science and Technology: Water Supply*. Vol. 7. No. 1. pp. 1–12.
- McEvoy, D., Lindley, S. and Handley, J. 2006. Adaptation and mitigation in urban areas: Synergies and conflicts. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Municipal Engineer* 159. Issue ME4. pp. 185-191
- McGee, T.G. 1991. The emergence of desakota regions in Asia: expanding a hypothesis. In N. Ginsburg, B. Koppel, & T. G. McGee (Eds.) *The extended metropolis: settlement transition in Asia*. University of Hawaii Press, Honolulu. pp. 3-25.
- Milly, P.C.D., Betancourt, J., Falkenmark, M., Hirsch, R.M., Kundzewicz, Z.W., Lettenmaier, D.P. and Stouffer, R.J., 2008. Stationarity Is Dead: Whither Water Management? *Policy Forum, Science*, Vol. 319, pp. 573-574. http://aquadoc.typepad.com/waterwired/files/milly_et_al.pdf
- Moddemeyer, S. 2010. Generating demand for integrated urban water management. *Water* 21. pp. 13-14.
- Molle, F. and Berkoff, J. 2006. Cities versus Agriculture: Revisiting Intersectoral Water Transfers, Potential Gains and Conflicts. *Comprehensive Assessment Research Report 10*. International Water Management Institute, Colombo.

- Najjar, K.F. and Collier, R. 2011. Integrated water resources management: bringing it all together. *Water Resources Impact*. Vol. 13. No. 3. pp. 3-8.
- Novotny, V. 2010. Footprint tools for Cities of the Future: Moving towards sustainable urban water use. *Water 21*. pp. 14-16.
- Obuobie, E., Keraita, B., Danso, G., Amoah, P., Cofie, O.O., Raschid-Sally, L. and Drechsel, P. 2006. Irrigated urban vegetable production in Ghana – Characteristics, benefits and risks. CSIR-INSTI, Accra.
- OECD (Organization for Economic Cooperation and Development). 2003. OECD Global Forum on Sustainable Development: Financing Water and Environmental Infrastructure for All. OECD, Paris.
- OECD (Organization for Economic Cooperation and Development). 2008. Environmental Outlook to 2030. OECD, Paris.
- Office of Water. 2010. New York: New York City and Seven Upstate New York Counties – Effective Watershed Management Earns Filtration Waiver for New York. (4606M) 816F10031 January 2010. <http://water.epa.gov/infrastructure/drinkingwater/sourcewater/protection/casestudies/upload/Source-Water-Case-Study-NY-NY-City-7-Upstate-Counties.pdf>
- Otterpohl, R., Braun, U., and Oldenburg, M. 2003. Innovative technologies for decentralised water-, wastewater and biowaste management in urban and peri-urban areas. *Water Science and Technology*, Vol 48 No 11 pp 23–32.
- Pagiola, S. and Platais, G., 2002. Payments for environmental services. Environment Strategy Notes. The World Bank, Washington, D.C. USA.
- Pagiola, S. and Platais, G., 2007. Payments for Environmental Services: From Theory to Practice. The World Bank, Washington, D.C. USA.
- Palaniappan, M., Gleick, P.H., Allen, L., Cohen, M.J., Christian-Smith, J. and Smith, C. 2010. Clearing the Waters: A focus on water quality solutions. UNEP, Nairobi.
- Peña, H. 2011. Social equity and integrated water resources management. *Global Water Partnership (GWP) Technical Committee (TEC) Background Paper No 15*. Global Water Partnership, Stockholm.
- Pilgrim, N., Roche, B., Kalbermatten, J., Revels, C. and Kariuki, M. 2007. Principles of Town Water Supply and Sanitation. *Water Working Note No. 13*. World Bank, Washington, D.C.
- Pinkham, R. 1999. 21st Century Water Systems: Scenarios, Visions and Drivers, An opening presentation for an EPA Workshop on ‘sustainable urban water infrastructure – a vision of future’, Rocky Mountain Institute, Snowmass, Colorado, <http://www.rmi.org>.
- PRB (Population Reference Bureau). 2012. Human population: Urbanization. <http://www.prb.org/Educators/TeachersGuides/HumanPopulation/Urbanization.aspx>

- Porto, M. 2003. Recursos hídricos na Região Metropolitana de São Paulo: um desafio do tamanho da cidade. *Série Água Brasil*, Vol. 4. Banco Mundial. Brasília.
- Prein, M. 1990. Wastewater-fed fish culture in Germany. In Edwards, P. and Pullin, R.S.V. *Wastewater-Fed Aquaculture. Proceedings of the International Seminar on Wastewater reclamation and Reuse for Aquaculture*. Calcutta, India, 6-9 December, 1988.
- Rees, J. 2006. Urban Water and Sanitation Services: An IWRM approach. *TEC Background Paper No. 11*. Global Water Partnership, Stockholm.
- Sadoff, C. and Muller, M. 2009. Water Management, Water Security and Climate Change Adaptation: Early Impacts and Essential Responses. *TEC Background Paper No 14*. Global Water Partnership, Stockholm.
- Sassen, S. 2001. *The global city: New York, London, Tokyo*. Princeton University Press, Princeton.
- Schroeder, E., Tchobanoglous, G., Leverenz, H.L. and Asano, T. 2012. Direct Potable Reuse: Benefits for public water supplies, agriculture, the environment and energy conservation. *National Water Research Institute White Paper*. National Water Research Institute: Fountain Valley, CA.
- Scott, C.A., Faruqui, N. I. and Raschid-Sally, L. (Eds). 2004. *Wastewater Use in Irrigated Agriculture: Confronting the Livelihood and Environmental Realities*. CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Serageldin, I. 1994. Water Supply, Sanitation and Environmental Sustainability. *Directions in Development*. World Bank, Washington, D.C.
- Shmueli, D.F. 1999. Water quality in international river basins, *Political Geography*, 18 (1999) 437–476.
- Siddiqui, A. 2011. KWP Karachi Mega-city Case Study. Background report. SWITCH, 2011. *SWITCH 2006-2011: Managing water for the city of the future*. UNESCO-IHE Global Partnership.
- Tucci, C.E.M. 2009. Integrated urban water management in large cities: a practical tool for assessing key water management issues in the large cities of the developing world. Draft paper prepared for World Bank, July 2009.
- Tucci, C.E.M., Goldenfum, J.A., and Parkinson J.N. (Eds.). 2010. *Integrated Urban Water Management: Humid Tropics. UNESCO IHP. Urban Water Series*. CRC Press
- Twumasi, Y.A. and Asomani-Boateng, R. 2002. Mapping seasonal hazards for flood management in Accra, Ghana using GIS. *Geoscience and Remote Sensing Symposium. IGARSS apos; 02. IEEE International*. Vol. 5, pp. 2874- 2876.
- UNDP (United Nations Development Program). 2006. *Human Development Report 2006. Beyond Scarcity: Power, poverty and the global water crisis*. UNDP, New York.

- UNEP (United Nations Environment Programme). 2002. *Global Environmental Outlook 3*. Earthscan, London and United Nations Environment Programme, Nairobi.
- UNEP (United Nations Environment Program). 2003. *Water resources management in Latin America and the Caribbean. Contribution of the Inter-Agency Technical Committee (ITC) to the Fourteenth Meeting of the Forum of Ministers of the Environment of Latin America and the Caribbean*. Panama, November 20 – 25, 2003. United Nations Environment Program, Nairobi.
- UNEP (United Nations Environment Program). 2011. *Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication*. UNEP, Nairobi.
- UNEP (United Nations Environment Program) & UN-Habitat (United Nations Human Settlements Programme). 2005. *Coastal pollution – The role of cities*. UNEP & UN-Habitat, Nairobi.
- UNFPA. (United Nations Population Fund). 2007. *State of World Population 2007: Unleashing the potential of urban growth*. UNFPA, New York.
- UN-Habitat. 2008. *State of African Cities: A framework for addressing urban challenges in Africa*. UN-Habitat, Nairobi.
- UN-Habitat. 2009. *Planning Sustainable Cities: Global Report on Human Settlements 2009*. Earthscan, London.
- UN-Habitat. 2011. *Cities and Climate Change: Global Report on Human Settlements 2011*. Earthscan, London.
- UN-Water. 2010. *Climate Change Adaptation: The pivotal role of water. UN-Water Policy Brief*. UN-Water, New York.
- UN-WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). 2009. *The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World*. UNESCO, Paris and Earthscan, London.
- Van der Merwe-Botha, M. 2009. *Water quality: A vital dimension of water security. Development Planning Division Working Paper No. 14*. DBSA, Midrand, South Africa.
- Van der Steen, P. 2006. *Integrated Urban Water Management: Towards Sustainability. Paper presented at the first SWITCH Scientific Meeting*. University of Birmingham, UK, 9-10 Jan 2006.
- Van der Steen P. and Howe C. 2009. *Managing Water in the City of the Future; Strategic Planning and Science*. *Reviews in Environmental Science and Bio-Technology*, 8, 2, p 115-120.
- Van Rooijen D., Turrall H. and Biggs T.W. 2005. *Sponge City: Water balance of mega-city water use and wastewater use in Hyderabad, India. Irrigation and Drainage*. Vol. 54. pp. 81-91.

- Visscher, J.T., Bury, P., Gould, T., and Moriarty, P. 1999. Integrated water resource management in water and sanitation projects: Lessons from projects in Africa, Asia and South America. IRC International Water and Sanitation Centre, Delft, The Netherlands.
- Watson, A., Prickett, R., Taghavi, A. and West T. 2011. California's IWRM program: a regional framework for integrated water resources management. *Water Resources Impact*, Vol. 13, No. 3. pp. 9-13.
- WHO (World Health Organization) and UNICEF (United Nations Children's Fund) Joint Monitoring Programme (JMP). 2008. A Snapshot of Sanitation in Africa. United Nations Children's Fund, New York and World Health Organization, Geneva.
- WHO (World Health Organization) and UNICEF (United Nations Children's Fund) Joint Monitoring Programme (JMP). 2010. Progress on Sanitation and Drinking-water: 2010 Update. United Nations Children's Fund, New York and World Health Organization, Geneva.
- WHO (World Health Organisation). 2002. World Health Report: Reducing Risks, Promoting Healthy Life. WHO, Geneva.
- WHO (World Health Organization). 2006a. Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater. World Health Organization, Geneva.
- WHO (World Health Organization). 2006b. Economic and Health Effects of Increasing Coverage of Low Cost Water and Sanitation Interventions. UNHDR Occasional Paper, World Health Organization, Geneva.
- WHO (World Health Organisation) and DFID (United Kingdom Department for International Development). 2009. Summary and policy implications Vision 2030: The resilience of water supply and sanitation in the face of climate change. WHO, Geneva and DFID, London.
- WMO (World Meteorological Organization). 1997. Comprehensive Assessment of the Freshwater Resources of the World. WMO, Geneva and Stockholm Environment Institute, Stockholm.
- World Bank. 2010. Cities and climate change: an urgent agenda. Vol. 10. Washington, DC: The World Bank.
- Wrisberg, S. 1996. Urinseparation i København; Genoprettelse af forbindelsen mellem land og by. Institut for Jordbrugsvidenskab. Sektion For Agroøkologi, Den KGL. Veterinær Og Landbohøjskole, Fredriksberg (in Danish).
- Yusuf, A.A. and Francisco, H.A. 2009. Climate Change Vulnerability Mapping for South Asia. Singapore: EEPSEA.

La serie de documentos publicados por el Comité Técnico:

- No 1: “Regulation and Private participation in the Water and Sanitation Sector” by Judith A. Rees (1998)
- No 2: “Water as a Social and Economic Good: how to Put the Principle into Practice” by Peter Rogers, Ramesh Bhatia and Annette Huber (1998)
- No 3: “The Dublin Principles for Water as Reflected in a Comparative Assessment of Institutional and Legal Arrangements for Integrated Water Resources Management” by Miguel Solanes and Fernando Gonzales Villarreal (1999)
- No 4: “Integrated Water Resources Management” by the GWP Technical Advisory Committee (2000)
- No 5: “Letter to my Minister” by Ivan Chéret (2000)
- No 6: “Risk and Integrated Water Resources Management” by Judith A. Rees (2002)
- No 7: “Effective Water Governance” by Peter Rogers and Alan W Hall (2003)
- No 8: “Poverty Reduction and IWRM” (2003)
- No 9: “Water Management and Ecosystems: Living with Change” by Malin Falkenmark (2003)
- No 10: “...Integrated Water Resources Management (IWRM) and Water Efficiency Plans by 2005 - Why, What and How?” by Torkil Jønych-Clausen (2004)
- No 11: “Urban Water and Sanitation Services, An IWRM Approach ” by Judith A. Rees (2006)
- No 12: “Water Financing and Governance” by Judith A. Rees, James Winpenny and Alan W. Hall (2009)
- No 13: “Managing the other side of the water cycle: Making wastewater an asset” by Akiça Bahri (2009)
- No 14: “Water Management, Water Security and Climate Change Adaptation: Early Impacts and Essential Responses” by Claudia Sadoff and Mike Muller (2010)
- No 15: “Social Equity and Integrated Water Resources Management” by Humberto Peña (2011)
- No 16: “Integrated Urban Water Management” by Akiça Bahri (2012)



Global Water
Partnership

GWP Global Secretariat
E-mail: gwp@gwp.org
www.gwp.org

ISBN: 978-91-85321-96-4