

Un modelo de gestión integral

CIUDADES 99, julio-septiembre de 2013, RNIU, Puebla, México

*Fernando J. González Villarreal**

*Rafael Val Segura***

*Malinali Domínguez Mares****

*Cecilia Lartigue Baca*****

*Jorge Alberto Arriaga Medina******

La ciudad se ha constituido como la forma de organización hacia la que transita la sociedad moderna. En ella se encuentra la posibilidad de solucionar un sinnúmero de problemas de diversa índole aunque, al mismo tiempo, genera otros propios de una intensa dinámica entre los actores que se desarrollan en su interior. Ante este escenario, y considerando las estimaciones que apuntan hacia un crecimiento de la población urbana a nivel mundial de 50% en 2012 a 70% en 2030 (ONU Hábitat, 2012a) —siendo más significativo el incremento en los países en desarrollo—, resulta impostergable la transición hacia nuevos paradigmas que aseguren la sostenibilidad de las ciudades actuales y futuras. El agua, elemento esencial para el desarrollo de las personas y ecosistemas, debe ocupar un lugar central en esta reestructuración de la defini-

ción amplia de prosperidad de las ciudades, en especial, desde su ámbito de gestión, de lo contrario, se pone en riesgo la propia viabilidad del modelo urbano.

El presente artículo sostiene la necesidad de un modelo integral de gestión del agua para alcanzar los objetivos de desarrollo de las ciudades en sus tres vertientes: eficiencia económica, equidad social y sustentabilidad ambiental. Para ilustrar el planteamiento se recurre a la experiencia del Programa de Manejo, Uso y Reuso del Agua (PUMAGUA) en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) que, a través de sus tres ejes de acción —balance hidráulico, calidad del agua y comunicación y participación—, ha conseguido importantes avances en el manejo integral del agua en el Campus Ciudad Universitaria, un espacio de 700 hectáreas en el que conviven 132 mil personas, entre académicos, estudiantes y trabajadores, y más de 20 mil visitantes diarios. La reflexión se estructura en cuatro secciones: en la primera se realiza un planteamiento general de la relación entre agua y ciudad para ubicar las áreas de oportunidad y enfatizar la necesidad de un modelo integral de gestión del recurso en su interior, en particular, en el Valle de México; enseguida se discute sobre el marco y los pilares de la gestión integrada de los recursos hídricos, poniendo especial atención en los mecanismos para su alcance en el ambiente urbano; la tercera sección aborda la labor que, desde 2008, ha desempeñado PUMAGUA para alcanzar un manejo más responsable del agua con la participación de actores diversos en una escala micro; por último, se realizan algunas consideraciones que sostienen la posibilidad de escalar el modelo en localidades con características similares, como lo demuestran otros proyectos desarrollados por esta misma instancia universitaria.

* Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ingeniería, Torre de Ingeniería, Piso 5, Ala Norte, Cubículo 10, Circuito Escolar, Ciudad Universitaria, 04510 México DF. Tel: (55) 56233500 ext. 1523. Correl: contacto@agua.unam.mx.

** Universidad Nacional Autónoma de México, PUMAGUA, Torre de Ingeniería, Piso 5, Ala Norte, Cubículo 3, Circuito Escolar, Ciudad Universitaria, 04510 México DF. Tel: (55) 56233500 ext. 1520. Correl: rvals@iingen.unam.mx.

*** Universidad Nacional Autónoma de México, Red del Agua UNAM, Torre de Ingeniería, Piso 5, Ala Norte, Cubículo 10, Circuito Escolar, Ciudad Universitaria, 04510 México DF. Tel: (55) 56233500 ext. 1523. Correl: mdominguezm@iingen.unam.mx.

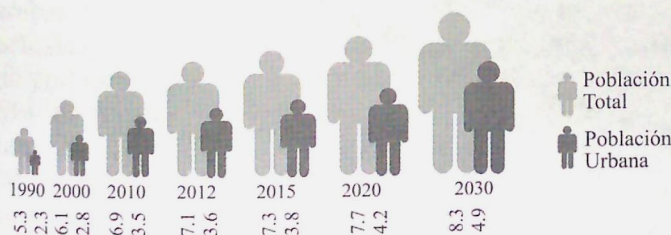
**** Universidad Nacional Autónoma de México, PUMAGUA, Torre de Ingeniería, Piso 5, Ala Norte, Cubículo 6, Circuito Escolar, Ciudad Universitaria, 04510 México DF. Tel: (55) 56233500 ext. 1526. Correl: clartigueb@iingen.unam.mx.

***** Universidad Nacional Autónoma de México, Red de Agua UNAM, Torre de Ingeniería, Piso 5, Ala Norte, Cubículo 5, Circuito Escolar, Ciudad Universitaria, 04510 México DF. Tel: (55) 56233500 ext. 1527. Correl: jarrigam@iingen.unam.mx.

Retos en la relación agua y ciudad

En 2008, por primera vez en la historia de la humanidad, el número de personas en zonas urbanas superó al que habitaba en las zonas rurales, ratificando una tendencia de crecimiento que continuará en los próximos años. Tan solo en dos décadas, la población mundial pasó de dos mil millones en 1990 a más de seis mil millones a inicios de 2010, aunque se espera que, en 2030, el número se eleve a 8.3 mil millones, de los cuales, al menos 4.9 corresponderán a poblaciones urbanas (Gráfico 1). El crecimiento urbano será menos elevado en los países desarrollados, mientras que en los países en desarrollo, con menor disponibilidad de ingreso para realizar una transformación guiada por criterios de sustentabilidad, se sumarán más de dos mil millones en los próximos tres lustros (ONU Hábitat, 2012a). Así, la rápida expansión de las ciudades existentes y el surgimiento de nuevas, representan grandes desafíos para alcanzar la prosperidad de éstas en sus cinco esferas: productividad, calidad de vida, equidad e inclusión social, desarrollo de infraestructura y sustentabilidad ambiental (ONU Hábitat, 2012b). Bajo este escenario, el análisis de la relación entre la ciudad y el agua requerirá de especial atención, pues su carácter esencial para el desarrollo debe colocar a esta última en el centro de cualquier planteamiento urbano.

Gráfico 1
Total de la población urbana
(miles de millones)



Fuente: ONU Hábitat, *Our urban change*, Kenia, 2012.

A pesar de que las ciudades no son las principales consumidoras, la llamada “crisis del agua” tiene un impacto significativo en el espacio urbano a diferentes escalas, como se expone a continuación.

Agua potable y saneamiento. De acuerdo con datos de la Organización de Naciones Unidas (ONU), alrededor de 828 millones de personas viven en asentamientos irregulares sin servicios básicos de abastecimiento de agua y saneamiento; uno de cada cuatro ciudadanos urbanos –789 millones en total– vive sin acceso a instalaciones mejoradas de saneamiento; 479 millones dependen de un saneamiento compartido; y 27% de los habitantes en ciudades ubicadas en países

en desarrollo carece de acceso a agua corriente en sus hogares (ONU Agua, 2012).

Agua subterránea. El crecimiento de la infraestructura vial y el cambio en el uso de suelo para la construcción de viviendas y edificios representa también importantes retos en la relación agua-ciudad. Este fenómeno afecta a la hidrología local y reduce la capacidad natural de infiltración del agua hacia el subsuelo, lo que somete a los acuíferos subterráneos a mayores niveles de explotación, reduce la calidad del líquido, eleva los costos energéticos de la extracción y provoca hundimientos con posibles afectaciones estructurales, sin considerar el deterioro ecosistémico.

Descarga de aguas residuales. El agua utilizada en los hogares, la industria y la agricultura, no retorna a la fuente de la que fue extraída en sus condiciones originales, sino con una cantidad variable de residuos. A nivel mundial, más de dos millones de toneladas de residuos son arrojados a los cuerpos de agua, siendo, la mayoría de ellos, de origen urbano (Corcoran *et al.*, 2010). De éstos, sólo una cantidad muy baja es tratada en los países desarrollados, mientras que, en los países en desarrollo, 90% de las aguas residuales son descargadas sin ningún tipo de tratamiento. Se estima que alrededor de 245 000 km² de costa marina son ahora catalogados como “zonas muertas” (PNUMA, 2007), lo que afecta la actividad pesquera, el desarrollo de los habitantes costeros y, en general, las cadenas tróficas. La contaminación de cuerpos hídricos es causa, también, de importantes afectaciones a la salud de los habitantes, en especial de los niños.

Factores ambientales. Las actividades relacionadas con la producción y el consumo en las ciudades tienen un importante impacto en los ecosistemas acuáticos, en particular, los sistemas de cultivo y los humedales. Sin embargo, esto no ha sido sistemáticamente investigado debido a las diferencias entre una ciudad y otra. En general, la demanda de agua de las ciudades produce una importante pérdida de servicios ecosistémicos, como cambios en los regímenes de lluvias, pérdida de biodiversidad, reducción en la provisión de alimentos y pérdida de atractivos turísticos y secuestro de carbono (UNESCO, 2012).

Cambio climático. Las ciudades son las causantes principales del cambio climático –aportan entre un 60% y 70% de emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (GEI), según cifras basadas en el consumo–. En consecuencia, experimentarán también importantes impactos por esta vía. La disponibilidad, tratamiento y distribución del agua podrían recibir los impactos del cambio climático a medida que las temperaturas aumenten y los regímenes de precipitaciones cambien. Por una parte, se espera que el cambio climático repercuta en los suministros de agua por cambios en los regímenes de precipitaciones, reducción de los caudales de los ríos, disminución de los niveles freáti-

cos y, en zonas costeras, la intrusión salina en ríos y aguas subterráneas. Por otra parte, con el aumento de las temperaturas, se prevé que, debido a los episodios de calor extremos y al crecimiento poblacional, aumente la demanda de agua en las ciudades. Los cambios en las precipitaciones y en los niveles del mar también pueden influir en la calidad y el tratamiento del agua en las ciudades (ONU Hábitat, 2011).

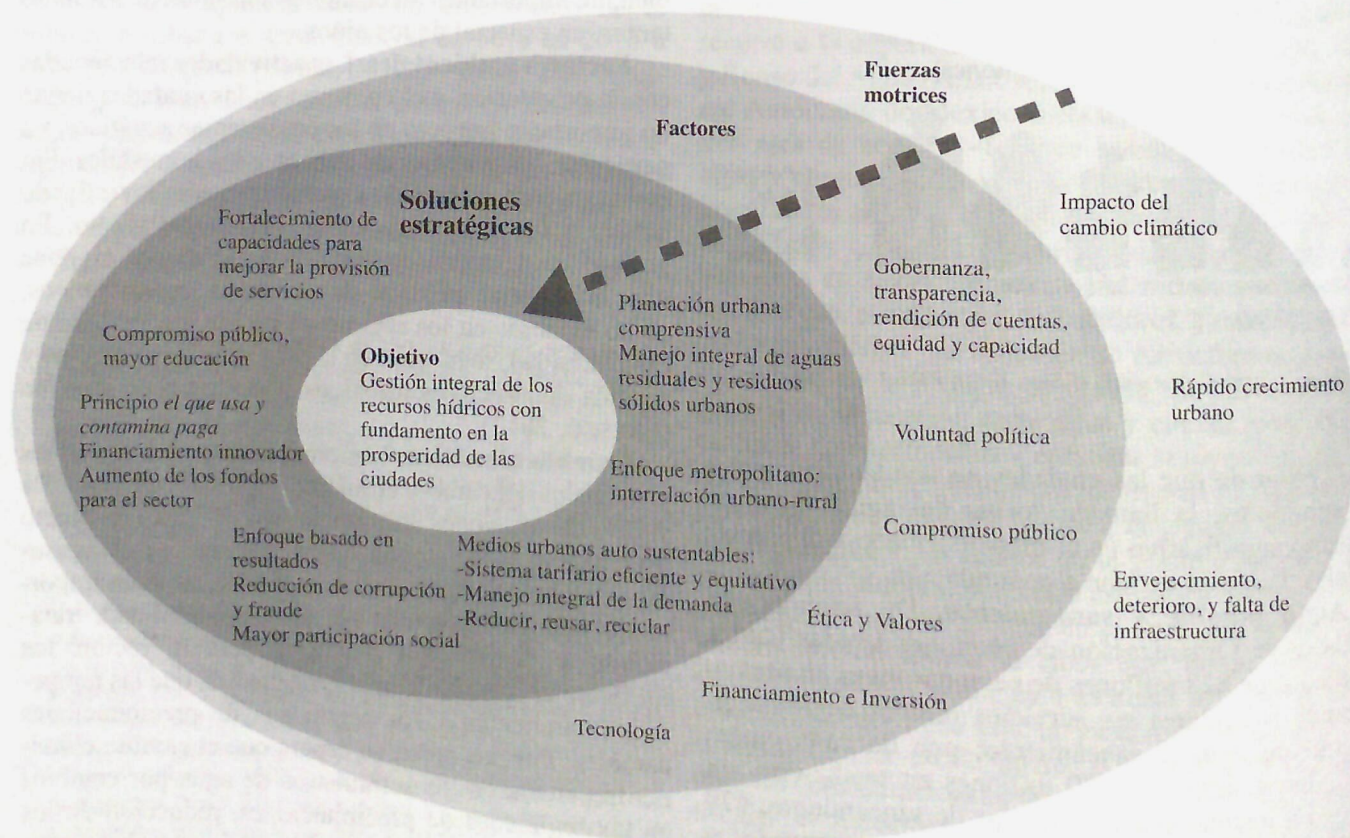
Interrelación urbano-rural. Las ciudades no pueden tratarse como espacios independientes de las regiones que los rodean. La dinámica de las zonas urbanas depende del territorio de las áreas rurales circundantes para la alimentación, abastecimiento de agua, eliminación de residuos, valor recreativo y crecimiento de los asentamientos. El avance de la urbanización es causante de la transformación anual de 19.5 millones de hectáreas de terreno agrícola, lo que provoca un aumento en la competencia por el agua entre la agricultura periurbana y urbana, la industria y el transporte, además de un aumento en la vulnerabilidad de las poblaciones más desfavorecidas (ONU Agua, 2010). En la relación hídrica urbano-rural es necesario analizar esquemas de reciclaje de aguas residuales para su uso en la agricultura rural –después de haber asegurado su calidad– y nuevos esquemas de gestión de región urbana que asegure la conservación de los

servicios ecosistémicos relacionados con el ciclo hidrológico.

De acuerdo con los planteamientos anteriores, la prosperidad de las ciudades depende, en gran medida, de una gestión eficiente del agua, pues se encuentra presente en prácticamente todas las actividades humanas y en los ecosistemas de los que éstas dependen. A pesar de esta realidad, no se han realizado las acciones necesarias para asegurar que los recursos hídricos sean un factor del desarrollo de las presentes y futuras generaciones (Gráfico 2). En especial, es importante considerar que, como afirma la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE, 2011), “es ampliamente reconocido que existe suficiente agua en la tierra para todos, incluso en las áreas en donde existe escasez temporal. Claramente, la actual ‘crisis del agua’ no es una crisis de escasez sino de gobernabilidad”.

La gestión del agua en el Valle de México es un claro ejemplo de un modelo inadecuado. De acuerdo con un estudio realizado por el Banco Mundial, “el manejo actual del agua en el Valle de México no está a la par de otras grandes aglomeraciones de la región latinoamericana, no es ni eficiente ni sostenible ni equitativo, y amenaza la capacidad de generaciones futuras para aprovechar también un recurso tan vital como el agua” (Banco Mundial, 2013). Esta afirma-

Gráfico 2
Fuerzas motrices y soluciones relacionadas con la gestión del agua en las ciudades



Fuente: Modificado de UNESCO, *The United Nations World Water Development Report 4*, París, 2012.

ción considera que la disponibilidad promedio de la región es de alrededor de 74 m³/habitante, es decir, de estrés hídrico extremo; más de 32% del agua de abastecimiento urbano en el Valle proviene de extracciones insostenibles de las fuentes, principalmente, por sobreexplotación; cerca de 33% del agua no se usa eficientemente en comparación con buenas prácticas internacionales; los costos de la provisión del servicio son apenas cubiertos en un 51% por la tarifa, lo que amenaza su sostenibilidad; únicamente 16% de los organismos operadores tienen un buen desempeño; y la población asume un costo económico que supera los 28 mil millones de pesos anuales para compensar las deficiencias del servicio, en particular, la ausencia de continuidad, la limitada cobertura del drenaje y la falta de tratamiento de aguas residuales (Banco Mundial, 2013).

La gestión integrada de los recursos hídricos como paradigma de sustentabilidad urbana

Los tradicionales modelos de gestión del agua, centrados en el desarrollo de infraestructura de gran envergadura sin consideraciones de tipo ambiental y bajo esquemas verticales no participativos formulados desde los más altos niveles de gobierno, han demostrado ser inadecuados para un manejo responsable de los recursos hídricos, pues privilegian respuestas rápidas a las de carácter intergeneracional y no incorporan de manera integral los pilares de cualquier proceso de sustentabilidad. En la Conferencia Internacional sobre Agua y Medio Ambiente de Dublín y la Cumbre de la Tierra, ambas realizadas en 1992, se reconoció que los retos, actuales y futuros de la humanidad con relación al agua, no podían seguir siendo abordados desde una perspectiva utilitarista del recurso, por lo que se propuso impulsar, entre la comunidad internacional, la adopción de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH).

La GIRH es reconocida como un proceso que promueve el manejo y desarrollo coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico resultante de manera equitativa, sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales (González *et al.*, 2000). Asociada a un cambio de paradigma cultural, la GIRH considera que la visión integrada agrupa las perspectivas hidrológica, económica, social y ambiental, y que refleja el carácter multidimensional, multisectorial y multiregional, de la gestión del agua, influida también por intereses, agendas y causas múltiples, cuyo abordaje requiere de un enfoque coordinado por parte de las distintas instituciones involucradas (González Villarreal *et al.*, 2006). Así, este concepto no es considerado como un fin, sino como un medio para lograr los objetivos del desarrollo (Gráfico 3).

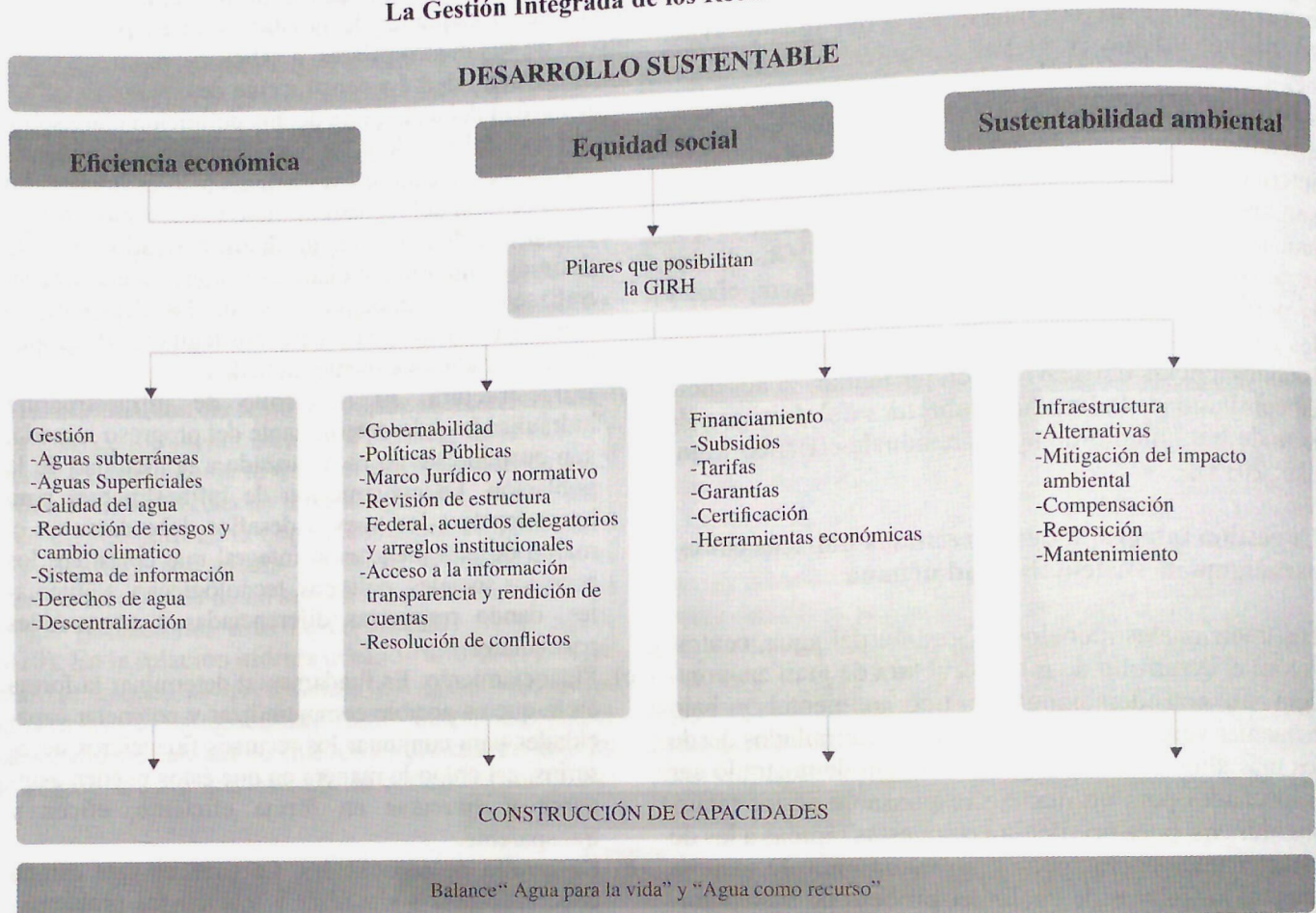
La atención eficaz de la problemática del agua mediante el esquema de la GIRH sólo es posible por medio de sus cuatro pilares, a saber:

- a) Gobernabilidad. La construcción de una nueva gobernabilidad del agua parte de una definición clara sobre el papel del Estado y las funciones que, consecuentemente, deben asumir los distintos actores interesados en la gestión del recurso hídrico. Los arreglos institucionales y los marcos jurídicos derivados de esta definición incorporan distintas visiones sobre descentralización y democratización de las decisiones o sobre la inclusión de los derechos legítimos de grupos sociales tradicionalmente incluidos.
- b) Infraestructura. El desarrollo de infraestructura hidráulica ha sido determinante del progreso logrado, aun cuando éste no ha alcanzado a la totalidad de la población. La construcción de infraestructura para hacer frente a los nuevos desafíos debe darse en el marco de una planeación integral que considere los aspectos sociales, políticos, tecnológicos y ambientales, dando respuestas diferenciadas a necesidades particulares.
- c) Financiamiento. Es fundamental determinar la forma en la que es posible compatibilizar y potenciar capacidades para conjuntar los recursos financieros necesarios, así como la manera en que éstos pueden asignarse y ejercerse en forma eficiente, eficaz y transparente.
- d) Desarrollo de capacidades. La tarea en este campo debe enfocarse a sintetizar y traducir los problemas relativos al agua en nuevos modelos de enseñanza, enfoques de investigación, prioridades de desarrollo tecnológico y formación de una conciencia pública (González Villarreal *et al.*, 2006).

El hacer realidad la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos supone, en primera instancia, superar las controversias sobre su definición y los elementos que la componen. Sin embargo, no basta, como en el caso mexicano, integrarla a la legislación sin partir de una política hídrica bien definida, apoyada en conocimiento técnico y científico de avanzada y que pueda dar soluciones particulares a problemáticas diferenciadas. A partir de esta visión, la GIRH ubica temas que considera como prioritarios para lograr un manejo más eficiente del agua. Algunos de éstos son los siguientes:

- a) Aguas subterráneas. Implica poner en práctica esquemas de corresponsabilidad y acciones que permitan asegurar la sustentabilidad del recurso, medida ésta en función de indicadores verificables. En este sentido, es necesario contribuir con medidas enérgicas, realistas y bajo criterios ambientales, a la recuperación de los acuíferos sobreexplotados, así como coadyuvar a revertir gradualmente la situación actual.
- b) Calidad de agua. Materializar la GIRH, en materia de calidad del agua, supone jerarquizar los distintos ins-

Gráfico 3
La Gestión Integrada de los Recursos Hídricos



Fuente: González Villarreal et al., *Orientaciones estratégicas. Propuestas para el manejo del agua en México*, UNAM, ciudad de México, 2006.

- trumentos vigentes para el control de la contaminación, incluidos los mecanismos de comanda y control, permisos de descarga, clasificación de corrientes y establecimiento de condiciones particulares de descarga, en términos de su efectividad para inducir las conductas apropiadas por parte de los usuarios. Es prioritario también modernizar los métodos de análisis y el equipo para monitoreo de la calidad, así como el acceso a la información a través de mecanismos efectivos, confiables y de fácil acceso.
- c) Reducción de riesgos y cambio climático. Las recomendaciones para instrumentar una estrategia en la gestión contra riesgos hídricos deben incluir la revisión de las políticas y prioridades de asignación del gasto público, buscando un mejor balance entre los esfuerzos dedicados a la atención de desastres y los que requieren para su prevención. Además, dichas recomendaciones deben considerar el fortalecimiento de los sistemas de medición y mapeo de amenazas, así como la vulnerabilidad y propensión al riesgo, en función de variables físicas que abarquen aspectos relacionados con los ecosistemas frágiles y zonas sensibles. Cabe mencionar que existe una serie de

tecnologías intermedias para la prevención de desastres que conviene analizar y evaluar desde el punto de vista de su aplicabilidad a los problemas específicos en diversas regiones.

- d) Sistemas de información. Para hacer realidad la GIRH se requiere de mecanismos que permitan modernizar y facilitar el acceso a los datos producidos por las redes y sistemas de información del agua, así como impulsar el uso sistemático de modelos de apoyo a la toma de decisiones de corto y mediano plazos. En este sentido, se precisa replantear la organización del sistema de información sobre el agua, desde la generación de datos básicos y el desarrollo de productos primarios, hasta el acceso a ellos; más aún, se debe transformar los datos básicos en información asequible para su uso en la toma de decisiones.
- e) Descentralización. Por su característica de transversalidad, la GIRH requiere de una definición clara de fronteras institucionales que acoten funciones y responsabilidades, pero que, al mismo tiempo, permitan la eficaz cooperación y coordinación entre las instituciones involucradas, sin depender de ciclos políticos o de un liderazgo individual. Requiere, además, de

una aproximación de gobernabilidad multinivel que permita aprovechar el conocimiento de las localidades y plantear soluciones adecuadas a sus características (OCDE, 2013).

- f) Cultura del agua. La cultura del agua, en el sentido de su uso sustentable, se encuentra indisolublemente ligada a los orígenes de la GIRH, pues reclama la participación corresponsable de todos los involucrados en este proceso. En términos generales, la GIRH resalta la importancia de la educación para el desarrollo sustentable que, desde este paradigma, debe entenderse como un medio fundamental para promover la coparticipación proactiva, informada y consciente de todos los actores (Perevochtchikova, 2012).

Al considerar factores de distinto carácter en el manejo del agua –ambiental, social, económico, político-normativo, institucional, tecnológico, educativo y cultural–, la GIRH se consolida como el camino más acabado para la propuesta de acciones concretas y eficientes que permitan revertir los efectos de la degradación ambiental e impulsar el desarrollo sustentable. Este modelo de gestión, ciertamente perfectible, ha demostrado ser un paradigma en el manejo del agua a nivel mundial, no sólo a escala nacional, sino que sus principios han sido, cada vez más, adoptados por aquellas entidades que, en el proceso de descentralización, adquieren mayores responsabilidades con respecto a los recursos hídricos, por ejemplo, la UNAM por medio del PUMAGUA.

PUMAGUA: un modelo de gestión integral de los recursos hídricos en la UNAM

La UNAM se ha distinguido por su vocación social y profunda preocupación por las cuestiones ambientales, en particular, las relacionadas con el agua. Desde la UNAM se concibe que, la solución efectiva a los problemas relacionados con el uso, aprovechamiento y conservación de los recursos hídricos, sólo puede surgir del debate interdisciplinario y de su traducción en acciones concretas en beneficio de los seres humanos y los ecosistemas. Dada la complejidad inherente a la temática en cuestión, se planteó la integración de una red de conocimiento que vinculara a todos los miembros interesados de la comunidad universitaria con objeto de crear mecanismos viables y adecuados para analizar y resolver la problemática que presenta el agua, tanto a nivel local como a escala regional, nacional e internacional. Fue así como surgió la Red del Agua UNAM (RAUNAM).

Con la participación de 26 dependencias universitarias, en 2006, tuvo lugar la constitución informal de la RAUNAM, creándose, junto con ella, los fondos semilla para el desarrollo de proyectos multidisciplinarios, de los que se desprende el PUMAGUA. Ambos proyectos surgen como respuesta a la creciente preocupación de

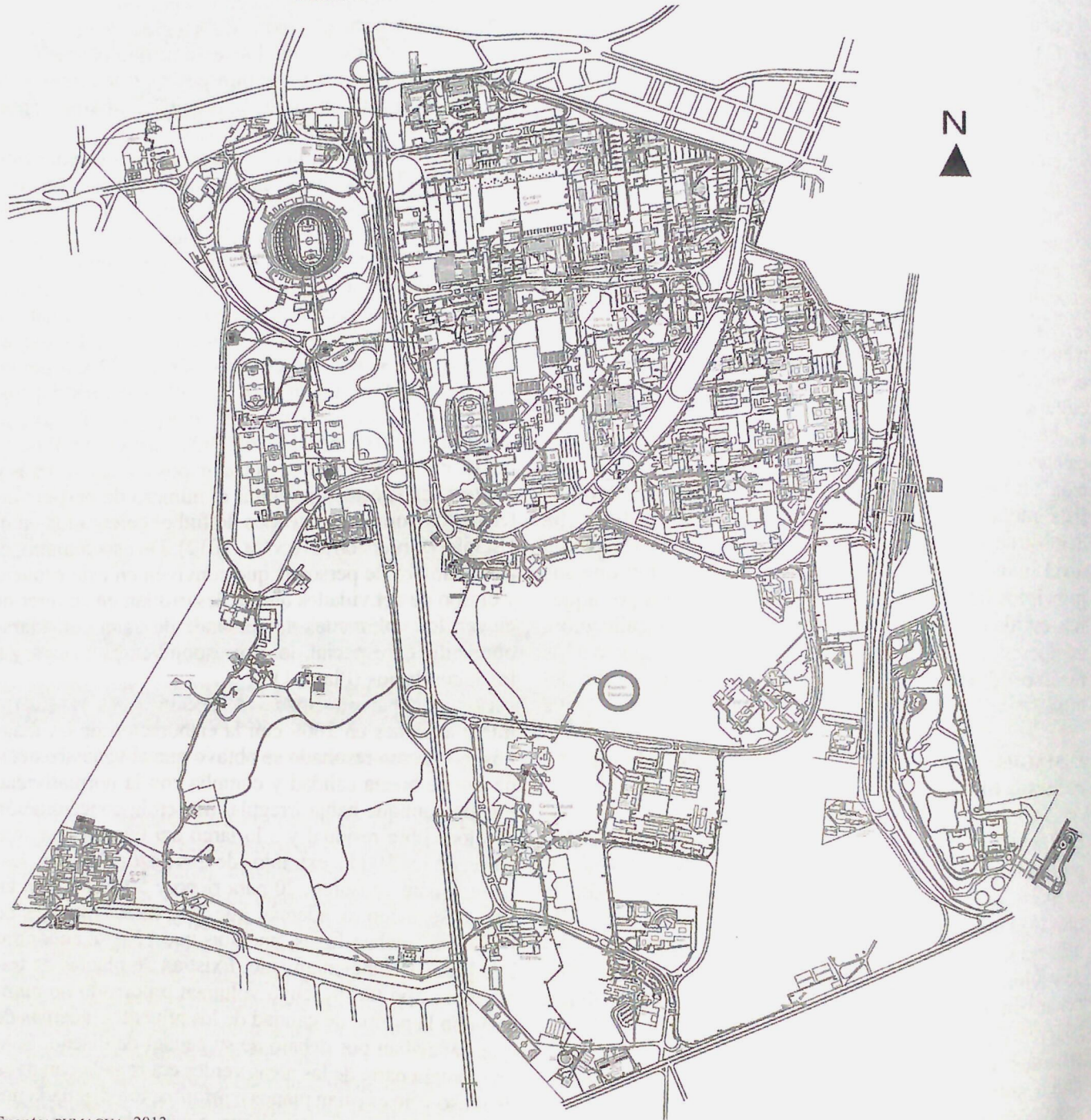
las autoridades universitarias por que el medio académico y científico participara en la solución de la problemática hídrica en el Valle de México, y una forma efectiva de hacerlo era mediante un programa que fuera capaz de integrar los principios de la GIRH en sus propias instalaciones, en particular, en Ciudad Universitaria (González y Domínguez, 2012).

Ciudad Universitaria (CU) cuenta con una extensión de más de 700 hectáreas, en las que se ubican 166 conjuntos, 411 edificios y 237.3 hectáreas de superficie correspondiente a la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA). En 2007, el *campus* central de CU fue incorporado a la lista de Patrimonio de la Humanidad de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). De manera regular asisten a este espacio más de 132 mil personas, a las que se suman unos 20 mil visitantes diarios. Debido a su alta concentración de espacios de cultura, tan sólo en 2010, más de 1'600,000 asistieron a funciones de conciertos, teatro, danza, exposiciones, talleres y conferencias; ésto, sin incluir el número de participantes de los populares partidos de fútbol celebrados en el Estadio Universitario (UNAM, 2012). De esta manera, el gran número de personas que conviven en este espacio y el tipo de actividades que se desarrollan en su interior elevan los volúmenes de demanda de agua considerablemente, en especial, los correspondientes a riego y a los laboratorios (Plano 1).

Teniendo como espacio de acción a CU, PUMAGUA inició acciones en 2008 con la elaboración de un diagnóstico. Como resultado se obtuvo que el agua abastecida era de buena calidad y cumplía con la normatividad vigente, aunque había irregularidad en la concentración de cloro libre residual y a lo largo del tiempo. Por otra parte, de los 100 l/s extraídos de tres pozos, 30 eran destinados para consumo, 20 para riego y 50 se perdían en fugas. Se encontró, además, que 15% de los muebles de baño presentaban fugas, mientras que 12% se encontraban fuera de funcionamiento. Existían 26 plantas de tratamiento tipo BRAIN, cuyo volumen procesado no cumplía con la norma de calidad de los afluentes, además de que trabajaban por debajo de su caudal de diseño. Sólo una tercera parte de las áreas verdes era regada con agua de reuso y no existían planos o información detallada por entidad universitaria. Por último, a partir de una encuesta aplicada a la comunidad universitaria, se observó que ésta no percibía la problemática del desperdicio del agua y que no mostraba un claro interés por emprender acciones de uso eficiente.

Los resultados del diagnóstico permitieron a PUMAGUA centrar su objetivo en implementar un programa de manejo, uso y reuso del agua en la UNAM con la participación de toda la comunidad universitaria. Para lograrlo, se plantearon como metas: 1) reducir en 50% el consumo de agua potable, 2) mejorar la calidad del agua para uso y consumo humano para que sea bebible

Plano 1 Plano de la red hidráulica de Ciudad Universitaria



Fuente: PUMAGUA, 2013.

y del agua tratada para que cumpla con las normas aplicables y 3) fomentar la participación de la comunidad universitaria en el uso responsable del agua. Las actividades desempeñadas para alcanzar estas metas se organizan en tres ejes de acción:

Balance hidráulico. Se encarga de diseñar y ejecutar acciones para reducir significativamente el suministro de agua. Entre ellas, se encuentra la medición y monitoreo del suministro, la detección y localización de fugas de agua potable, la sectorización y control de

presiones en la red de distribución, la sustitución de muebles de baño por otros de bajo consumo y de vegetación de alto consumo por nativa de la zona.

Calidad de agua. Monitorea y analiza la calidad del agua para uso y consumo humano y de reuso. En ella se verifica si el agua cumple con las Normas Oficiales Mexicanas y se incorporan otros parámetros microbiológicos que no son contemplados por la legislación mexicana pero que pueden ocasionar, también, alguna afectación a la salud.

crar a toda la comunidad universitaria en el programa. Fomenta las prácticas de uso responsable del agua, favorece la aceptación de las medidas implementadas en los usuarios y presenta la imagen de la Universidad en temas de responsabilidad hídrica (PUMAGUA, 2013). Para finales de 2012, PUMAGUA ha alcanzado resultados considerables. Se redujo en 23% la extracción de agua en los tres pozos. Ésto fue posible mediante la detección de fugas en las redes principales y dentro de los edificios, con la sustitución de muebles de baño de bajo consumo, cambio de vegetación de la REPSA y la participación activa de la comunidad.

Se cuenta con un sistema automático de desinfección en los tres pozos, cumpliendo con la norma mexicana para uso y consumo humano de agua potable. Ésto permitirá que, próximamente, se certifique que se puede beber agua potable en todo el campus de CU, lo que implicaría una reducción en el consumo de agua embotellada y, en consecuencia, la disminución sustantiva en la generación de residuos sólidos y la reducción en el gasto de los universitarios destinados a satisfacer esta necesidad.

Se cuenta con un sistema de medición de caudales en tiempo real que incluye medidores electromagnéticos en la red principal y en pozos de abastecimiento, sensores de nivel en los tanques de distribución y micro medidores en las tomas de los edificios. Para ésto se han instalado, hasta el momento, 203 micro medidores en distintas entidades del *campus*.

Se está desarrollando una plataforma de monitoreo en tiempo real que permitirá dar alertas sobre fugas dentro de los edificios y deficiencias de la calidad del agua, tanto para uso, como para consumo humano. Esta plataforma podrá ser consultada por los universitarios para ver, tanto la cantidad, como la calidad, del agua que se consume en CU. Esta herramienta permitirá, también, visualizar el consumo de agua de los *campus* de la UNAM, generando así un mayor sentido de responsabilidad en el cuidado del recurso.

Se cuenta con las plantas de tratamiento rehabilitadas que ahora cumplen con la Norma Oficial 003 para su reuso en campos deportivos y jardines. Dentro de estas acciones, destaca la rehabilitación de la planta de tratamiento de agua residual de Cerro del Agua, pues cuenta con tecnología de punta en América Latina. PUMAGUA ha monitoreado la calidad del agua para regar los jardines y se encontró que cumple con la norma mexicana y con los parámetros microbiológicos complementarios que se monitorean dentro del Programa.

En el Programa participan más de 110 dependencias, que realizan al menos una de las cinco acciones PUMAGUA: colocación de medidores, sustitución de muebles de baño, siembra de vegetación nativa, asistencia a talleres impartidos por PUMAGUA y difusión de material

informativo. Se cuenta con un observatorio del agua y con una página web que proporciona información a toda la comunidad. En ésta pueden ser observados los semáforos de fugas y de calidad del agua que reportan el caudal perdido dentro de las dependencias y los días que en que no se cumplió con la norma para uso y consumo humano en cuanto a la concentración de cloro libre residual.

En relación con la participación de todos los actores en el uso eficiente del agua, el Programa coordinó cursos de capacitación para personal de mantenimiento sobre los siguientes temas: instalación y mantenimiento de medidores de consumo, supervisión de muebles de baño, reparación de fugas, medidas de seguridad para evitar el vandalismo de fluxómetros. Asimismo, se han impartido talleres dirigidos a jardineros con el objetivo de promover el riego eficiente de estos espacios.

En conjunto con la Dirección General de Atención a la Comunidad Universitaria (DEGACU) y la RAUNAM, se realizaron actividades para los universitarios, con la finalidad de hacer participar a la comunidad a través de concursos literarios y de fotografía, festivales, medios electrónicos, proyectos de investigación, conferencias, talleres y formación de recursos humanos. La formación de recursos humanos constituye una actividad fundamental, de ahí que, gracias al Programa, se ha involucrado a más de 15,000 estudiantes de nivel medio superior en auditorías de uso del agua en sus planteles, así como a más de 250 en investigaciones y propuestas sobre el uso del agua en la UNAM. Asimismo, se ha capacitado alrededor de 40 becarios en los procedimientos y tecnologías utilizadas por los tres ejes de acción de PUMAGUA. Adicionalmente, las labores realizadas han sido presentadas a la comunidad en general a través de artículos especializados y de divulgación, medios de comunicación nacionales (televisión, radio y prensa escrita), congresos y charlas informativas.

Consideraciones finales: PUMAGUA ¿un modelo replicable?

Considerando el papel esencial del agua para alcanzar la prosperidad de las ciudades y entendiéndolo que la Gestión Integral de los Recursos Hídricos es el marco más acabado para asegurar el desarrollo sustentable, la UNAM decidió crear el PUMAGUA para contribuir, desde el espacio universitario, a la generación de soluciones a los problemas hídricos nacionales. En sus más de cuatro años de acciones, el Programa ha ofrecido resultados concretos en la disminución de los volúmenes extraídos del acuífero, en el aumento en la calidad de agua para consumo humano y riego –cumpliendo no sólo las normas nacionales en la materia, sino innovando con la incorporación de otros parámetros que pueden causar afectaciones en los seres humanos y los ecosistemas–, en la construcción de un sistema de información geográfica para permitir

intervenciones más eficientes, y contribuyendo en la generación de actitudes más responsables de todos los usuarios frente al recurso.

Gracias al proceso de descentralización en la gestión del agua, la UNAM formuló PUMAGUA para atender, a escala local, los principales problemas hídricos de su comunidad, al tiempo que contribuye, desde sus capacidades y dimensiones, a disminuir la presión que el Valle de México experimenta sobre el recurso. La CU, cuya importancia y magnitudes fueron ya resaltadas, ha permitido el desarrollo de las actividades del Programa, sin embargo, su efectividad probada lo ha llevado a escalar el modelo a cuatro de las facultades de estudios superiores ubicadas en la zona metropolitana –Acatlán, Aragón, Iztacala y Zaragoza–, además del *campus* Juriquilla en Querétaro. Estos espacios tienen dimensiones y poblaciones muy por debajo de los encontrados en CU pero, en conjunto, logran rescatar importantes volúmenes de agua. Adicionalmente, utilizando los ejes de PUMAGUA, la RAUNAM y el Instituto de Ingeniería diseñaron, en 2012, el Programa de Apoyo al Desarrollo Hidráulico para los Estados de Oaxaca, Puebla y Tlaxcala, que busca lograr que ocho localidades de estos tres estados –con una población a atender de más de 340 mil personas–, gestionen los servicios de agua en el medio urbano y rural en forma eficiente y sustentable para contribuir, de esta manera, al desarrollo local.

De acuerdo con los resultados analizados, se ha logrado que PUMAGUA tenga la solidez suficiente para ser trasladado a otros espacios de magnitudes similares. Para ello, se propone una fase piloto en alguna colonia de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, que se considere prioritaria por sus problemas en el manejo del agua, tanto en cantidad, como en calidad. Se realizaría un diagnóstico de la eficiencia del organismo operador, tomando en cuenta, tanto las cuestiones de eficiencia física e hidráulica en la gestión del sistema, como la comercialización del servicio, la calidad del agua para uso y consumo humano y residual tratada, así como la percepción del servicio por parte de la población y el nivel de participación social en la gestión del agua. De dicho diagnóstico surgirían recomendaciones para realizar mejoras, tanto en el área de balance hidráulico, como de calidad del agua, tales como reducción de pérdidas en líneas primarias y en edificios públicos, sistemas eficientes de riego, además de renovación de plantas de tratamiento y establecimiento de sistemas de monitoreo de la calidad del agua. Esta información sería comunicada de manera frecuente a los usuarios, fomentando su participación y, como resultado, se podría construir un Observatorio del Agua de la colonia en cuestión. Una vez consolidado el sistema a este nivel espacial, se podría replicar en otras colonias, con miras a cubrir todas aquellas zonas consideradas como prioritarias en el Valle de México.

Bibliografía

- BANCO MUNDIAL. *Agua urbana en el Valle de México: ¿un camino verde para mañana?*, BANCO MUNDIAL, ciudad de México, 2013.
- CORCORAN et al. *Sick Water? The Central Role of Wastewater Management in Sustainable Development. A Rapid Response Assessment*, Kenia, ONU Hábitat, 2010.
- GONZÁLEZ VILLARREAL et al. *Manejo integrado de recursos hídricos. Asociación Mundial para el Agua*, Estocolmo, 2000.
- GONZÁLEZ VILLARREAL et al. *Orientaciones estratégicas. Propuestas para el manejo del agua en México*, ciudad de México, UNAM 2006.
- GONZÁLEZ y DOMÍNGUEZ. “Información y redes: la Red del Agua UNAM” en PEREVOCHTCHIKOVA, María (coord). *Cultura del agua en México. Conceptualización y vulnerabilidad social*, ciudad de México, PINCC-RAUNAM-Miguel Ángel Porrúa, 2012, pp. 401-411.
- OCDE. “Making Water Reform Happen in Mexico” en *OCDE Studies on Water*, París, 2013.
- OCDE. *Water Governance in OECD Countries. A Multi-level Approach*, París, OCDE, 2011.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS-AGUA (ONU). *Agua y ciudades. Hechos y cifras*, Nueva York, ONU-AGUA, 2012.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS-AGUA (ONU). *Las ciudades y sus alrededores. La interrelación urbana-rural*, Nueva York, ONU-AGUA, 2010.
- ONU HÁBITAT. *Las ciudades y el cambio climático. Orientaciones para políticas*, Washington, Earthscan, 2011.
- ONU HÁBITAT. *Our urban change*, Kenia, ONU HÁBITAT, 2012a.
- ONU HÁBITAT. *State of the World's Cities 2012/2013. Prosperity of Cities*, Kenia, ONU HÁBITAT, 2012 b.
- PEREVOCHTCHIKOVA, María. “Nueva cultura del agua en México” en PEREVOCHTCHIKOVA, María (coord). *Cultura del agua en México. Conceptualización y vulnerabilidad social*, ciudad de México, PINCC-RAUNAM- Miguel Ángel Porrúa, 2012, pp. 63-82.
- PROGRAMA DE NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE (PNUMA). *Global Environment Outlook 4: Environment for Development*, PNUMA, Nairobi, 2007.
- PUMAGUA. *Informe PUMAGUA 2011-2012*, UNAM, 2013.
- UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO (UNAM). *Campus central de la Ciudad Universitaria Patrimonio Mundial*, Oficina de Gestión del Campus Central, 2013.
- UNESCO. *The United Nations World Water Development Report 4*, París, UNESCO, 2012.



Espacio Abierto, Vol. 21, N° 4

Venta y suscripciones: Universidad del Zulia,
Facultad de Humanidades y Educación, Ciudad
Universitaria, Bloque P, Piso 3, Ofic. 3-C 7
Apartado 15288, Maracaibo, Venezuela
Telfax: (58-261) 7528934 y 7520189
Correl: eabierto.revista@gmail.com
Versión electrónica: <http://www.redalyc.uaemex.mx>