

Gestión del agua doméstica urbana en Hermosillo (Sonora, México)

Gestão da água doméstica urbana em Hermosillo (Sonora, México)

Management of Urban Residential Water in Hermosillo (Sonora, Mexico)

Arturo Ojeda de la Cruz*

Adolfo Benito Narváez Tijerina**

Universidad Autónoma de Nuevo León, Nuevo León – México

Jesús Quintana Pacheco***

Universidad de Sonora, Sonora – México

Resumen

Este estudio presenta un análisis del crecimiento urbano en la zona urbana de Hermosillo (Sonora, México) con respecto a la variable consumo de agua doméstica. Se describe la zona de estudio que se localiza en una franja del desierto de Sonora y se analiza el crecimiento demográfico de la ciudad en un periodo de seis décadas relacionado con el aumento de la superficie urbana. Así también, se efectúa el análisis de la densidad de población y su relación con las políticas de gestión urbana del agua. Finalmente, se evidencia el funcionamiento del modelo de gestión del agua doméstica en la ciudad, y se establece la ruta para incursionar en un nuevo modelo de gestión más sustentable.

Palabras clave: consumo de agua, crecimiento urbano, densidad, gestión.

Resumo

Este estudo apresenta uma análise do crescimento urbano na zona de Hermosillo (Sonora, México), referente à variável consumo de água doméstica. Descreve-se a zona de estudo, que se localiza em uma faixa do deserto de Sonora, e se analisa o crescimento demográfico da cidade em um período de seis décadas relacionado com o aumento da superfície urbana. Além disso, realiza-se a análise da densidade de população e sua relação com as políticas de gestão urbana da água. Finalmente, evidencia-se o funcionamento do modelo de gestão da água doméstica na cidade e se estabelece a rota para incursionar em um novo modelo de gestão mais sustentável.

Palavras-chave: consumo de água, crescimento urbano, densidade, gestão.

Abstract

The study analyzes urban growth in Hermosillo (Sonora, Mexico) with respect to the residential water consumption variable. It describes the study zone, located on a strip of the Sonora desert, and analyzes the demographic growth of the city over a period of six decades, with respect to the increase of the urban surface area. The article also analyzes population density and its relation to urban water management policies, showing how the model for such management operates, and suggests a more sustainable water management model.

Keywords: water consumption, urban growth, density, management.

RECIBIDO: 29 DE NOVIEMBRE DEL 2012. ACEPTADO: 7 DE JUNIO DEL 2013.

Artículo de investigación sobre el crecimiento urbano de la ciudad de Hermosillo, Sonora, México, ante la escasez de agua doméstica en la zona urbana. A partir de este estudio se crean las bases para el tránsito a un nuevo modelo de gestión del agua urbana en el que se antepone la relevancia de un sistema más sostenible.

* Dirección postal: Departamento de Ingeniería Civil y Minas, Universidad de Sonora. Blvd. Luis Encinas y Rosales, Col. Centro, Hermosillo, Sonora, México. Cp. 83,000.

Correo electrónico: ojeda@dicym.uson.mx

** Dirección postal: Facultad de Arquitectura, Universidad Autónoma de Nuevo León, Avenida Universidad, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México.

Correo electrónico: adolfonarvaez@gmail.com

*** Dirección postal: Departamento de Ingeniería Civil y Minas, Universidad de Sonora. Blvd. Luis Encinas y Rosales, Col. Centro, Hermosillo, Sonora, México. Cp. 83,000.

Correo electrónico: quintana@dicym.uson.mx

Introducción

En México existe una diversidad de climas que está influenciada por las características del relieve. Dos terceras partes del territorio nacional se consideran áridas o semiáridas, mientras que el sureste es húmedo, con precipitaciones promedio que rebasan los 2.000 mm por año. En particular el clima que prevalece en el estado de Sonora se caracteriza porque aproximadamente en un 95% de su territorio los climas son muy secos, secos y semisecos, de manera que en ellos se presenta una alta temperatura y escasa precipitación. En esta región la distribución promedio de las precipitaciones pluviales registradas se destacan por los rangos muy bajos en el poniente y, en específico, en la cuenca que provee del recurso hídrico a la zona de estudio, cuyo rango de lluvia es entre 100 y 250 mm anuales en promedio. En este panorama, la distribución del agua en México es muy desigual, puesto que el 77% del total de agua disponible es utilizada para riego agrícola y solo el 14% para uso público (CONAGUA 2010).

En este sentido, el estado de Sonora guarda también una distribución dispar de sus recursos hídricos (figura 1), puesto que en el sector agrícola se utiliza un 93% del agua total disponible, mientras que un escaso 5% es utilizado para el sector doméstico (CEA 2008).

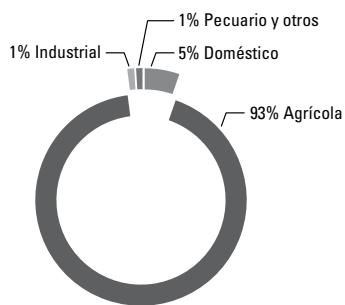


Figura 1. Uso consumutivo del agua en Sonora.
Datos: CEA 2008.

Shandas y Hossein Parandvash (2009) señalan que la presión en el suministro de agua, suscitada por el cambio de clima y el crecimiento de la población, hace necesario que se tenga en cuenta una sólida comprensión de cómo las políticas de planificación urbana afectan la disponibilidad y distribución de los recursos regionales de agua y las consecuencias del consumo de este recurso que son inducidas por el desarrollo.

En México la gestión del agua potable ha pasado por varias etapas, su tránsito ha sido, en un principio, cen-

tralista, de manera que la administración del recurso partía del gobierno federal hacia todas las localidades urbanas y rurales, con alguna evolución hacia la gestión descentralizada por parte de los propios estados y municipios, y ciertamente con algo de modernización en infraestructura.

El plan de la descentralización de la gestión del agua, emprendido por la federación y dirigido a los estados y municipios en México, llevó consigo la consigna de crear conciencia sobre el uso y manejo del agua doméstica urbana y de la necesidad de desligarse de los altos costos que en los años setenta y ochenta representaba la gestión central de este recurso en México. Sin embargo, en la actualidad el centralismo aún se percibe, y aunque los organismos operadores de los sistemas de agua dependen en su mayoría de los municipios, estos carecen de recursos suficientes y de políticas públicas apropiadas para enfocar la gestión hacia un esquema sustentable que le permita asegurar el abasto de agua a las futuras generaciones en México.

El presente artículo tiene como propósito crear las bases para transitar por un nuevo modelo de gestión urbana del agua doméstica en Hermosillo, Sonora, México, y subraya la relevancia de lograr un sistema de abasto más sostenible para esta localidad urbana. En la figura 2 se muestra la localización geográfica de la ciudad de Hermosillo.

Metodología

El presente estudio se divide en tres partes esenciales, la primera tiene que ver con una descripción del marco general de la zona de estudio, a fin de establecer su importancia en la gestión del agua; la segunda consiste en analizar el crecimiento urbano-demográfico de la ciudad de Hermosillo y, finalmente, la tercera parte se refiere al análisis de la gestión actual del agua doméstica urbana haciendo énfasis en la necesidad de contar con sistemas más sostenibles de acuerdo con las condiciones hídricas de la región.

Zona de estudio

Hermosillo es la ciudad capital del estado de Sonora, México, y se localiza en la parte central-poniente de la planicie costera de dicho estado, en la región noroeste de México. De acuerdo con el censo poblacional 2010, Hermosillo registra una población de 715.061 habitantes. Se ubica a 216 m sobre el nivel del mar y se localiza geográficamente a los 29° 06' de latitud Norte y 110° 58' de longitud Oeste.

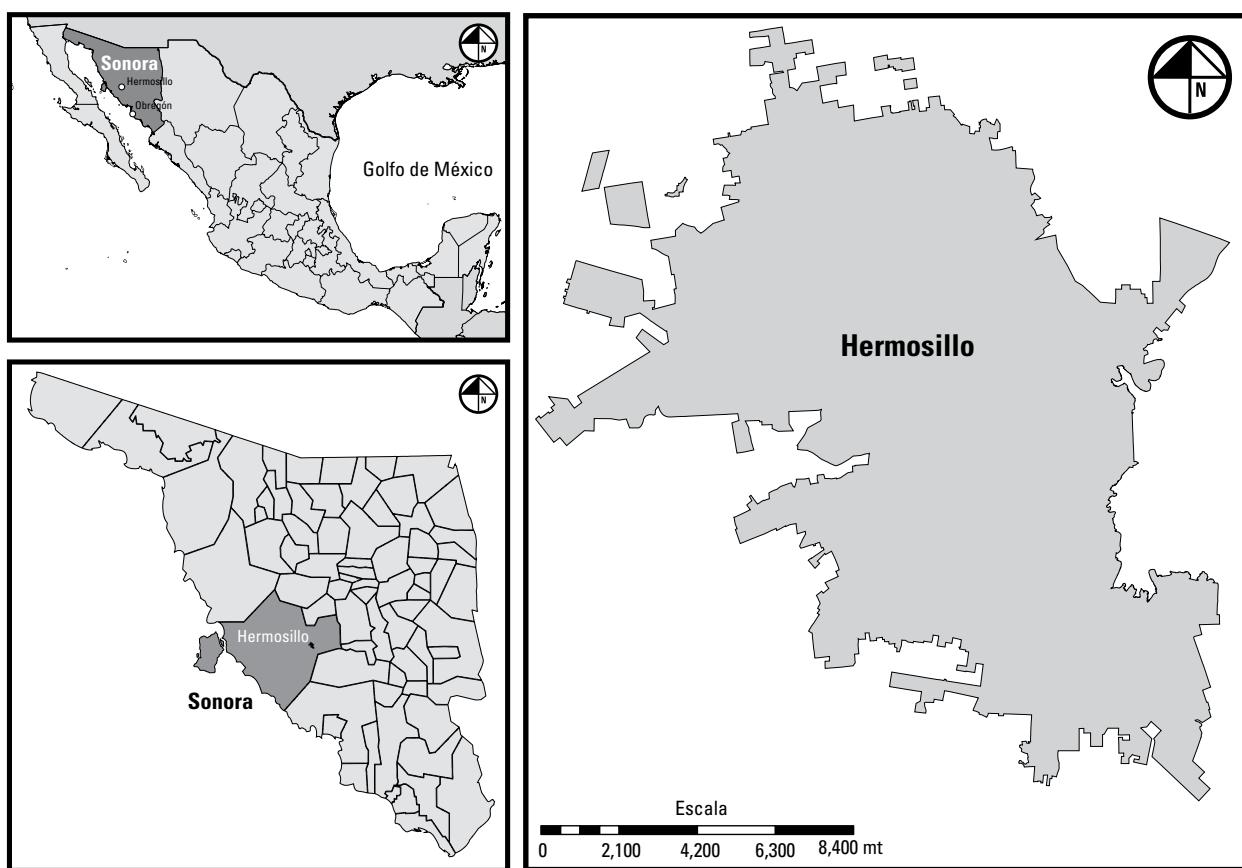


Figura 2. Localización de la zona de estudio.

Datos: INEGI 2010b.

El municipio del mismo nombre representa el 8,70% de la superficie territorial del estado de Sonora.

En general, la mayor parte del estado de Sonora se localiza en una región desértica del territorio nacional que se denomina Desierto de Sonora, el cual territorialmente se extiende en dos países: México y Estados Unidos. Dicho desierto se amplía hacia el sur de Estados Unidos de América del Norte a través de Arizona y California, y en México, hacia el norte, a lo largo de los estados de Baja California y Sonora.

La zona urbana de Hermosillo se localiza en la parte baja de la cuenca del río Sonora, prácticamente a dos kilómetros aguas abajo de la confluencia de los ríos Sonora, San Miguel y Zanjón; en la sección de confluencia de aquellos se localiza el vaso de la Presa Abelardo L. Rodríguez —en adelante, ALR—, la misma que, a pesar de no ser su propósito original, se utilizó durante un periodo de cuatro décadas como importante fuente de agua superficial para el abasto de este recurso en la ciudad de Hermosillo. Sin embargo, esta fuente ha sido agotada y a la fecha está prácticamente en desuso.

Hermosillo es la ciudad más importante del estado de Sonora, su desarrollo económico se ha basado principalmente en la agricultura y la ganadería, y es la localidad con la mayor concentración de población, en donde se hallan los principales centros de educación superior de la región. Se considera también como el centro de la gestión comercial, industrial, agrícola y ganadera del estado de Sonora. A su vez, es un punto importante del paso industrial y turístico vinculado con el sur de Estados Unidos de América, principalmente con los estados de Arizona y California. A pesar de que Hermosillo fue identificada como una ciudad en crecimiento constante y como poseedora de agua segura y suficiente para el abasto urbano, se observa que durante la década 1970-1980 el crecimiento demográfico fue muy acelerado, lo cual obligó que a partir de 1985 se identificara una fuente alternativa de agua para asegurar el abasto de este líquido en la ciudad, puesto que el almacenamiento de la presa ALR siempre estuvo comprometido con el riego agrícola. De modo que a partir de entonces, se construyeron pozos de

bombeo, primero en puntos cercanos a esta presa y después más alejados de ella.

Desde hace varios años, los habitantes de Hermosillo padecen de una recurrente escasez de agua, ya que en la actualidad la población no cuenta con un suministro continuo de este líquido para el consumo doméstico durante las 24 horas del día. La primera alerta de falta de agua se presentó durante 1996, y se convirtió en una crisis en 1997. Fue durante estos años cuando se declaró agotada la presa ALR, debido a que persistieron las condiciones de sequía en la cuenca del río Sonora, lo cual generó una gran movilización de las autoridades responsables de la gestión en la localidad, quienes realizaron acciones de urgencia para disponer de más captaciones de agua subterránea y llegaron, en algunos casos, a ubicar pozos nuevos en el vaso de dicha presa, en virtud de que tal vaso dejó de recibir aportaciones de agua de la cuenca del río Sonora.

Crecimiento

El crecimiento urbano de Hermosillo se ha caracterizado por ser de tipo horizontal y disperso, las empresas edificadoras de vivienda, en su mayoría, buscan terrenos que están en buena medida aislados o cada vez más alejados de la zona urbana; promueven el desarrollo de viviendas atendiendo preferentemente a los gustos y necesidades de los consumidores, es decir, pocas veces o casi nunca llegan a valorar lo complejo que pueda ser otorgarles los servicios básicos (agua, energía, transporte y recolección de basura). No existen políticas que normaticen o dirijan el desarrollo y la promoción de vivienda del tipo vertical o, en su caso, alguna normativa para el reúso del agua doméstica en esta zona urbana.

Saurí y Cantó (2008) exponen que los impactos ambientales de las ciudades pueden variar mucho en función del modelo urbano imperante. Así, en el urbanismo de alta compacidad y densidad, los principales impactos ambientales se asocian a fenómenos como la congestión y el ruido. En cambio, el crecimiento vertical limita la ocupación extensiva del suelo, reduce costos energéticos y de otros recursos, y facilita una mayor presencia de transporte público. Por su parte, el crecimiento horizontal o de baja densidad genera normalmente una sensación de mayor calidad ambiental al limitar la congestión, pero encubre numerosos impactos ambientales de gran importancia, entre los que destacan, en primer lugar, la ocupación y transformación de suelo (agrícola, forestal, etc.) ambientalmente muy valioso y cada vez más escaso.

Crecimiento demográfico

La ciudad de Hermosillo en 1950 registró una población de 43.516 habitantes, su elevada tasa de crecimiento, de 8,2% en la década 1950-1960, generó un repunte importante en la población en 1960 al incrementarse en un 120% (figura 3). En esa década tuvo gran impulso la zona agrícola denominada Costa de Hermosillo y se presentó también el repunte de la Universidad de Sonora como institución en desarrollo. Nuevamente, la elevada tasa de crecimiento, del 6,28% y 5,34% en los períodos 1960-1970 y 1970-1980, influye para que la ciudad de Hermosillo acelere su aumento poblacional. El análisis de la información demográfica sigue indicando altas tasas de crecimiento para los períodos 1980-1990 y 1990-1995, con porcentajes de 3,18% y 4,2% respectivamente.

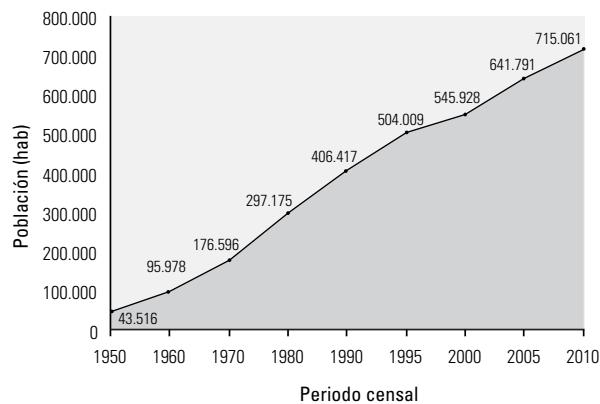


Figura 3. Evolución de la población en la ciudad de Hermosillo. Datos: INEGI 2005; 2010a; 2010b.

Asimismo, son cuatro las ciudades importantes en el estado de Sonora: Hermosillo, Nogales, Guaymas y Obregón, las cuales poseen en conjunto el 50% del total de la población estatal, equivalente en el 2010 a 2.662.480 habitantes.

Tan solo la zona urbana de Hermosillo en su magnitud representa el 27% del total de población del estado de Sonora.

De acuerdo con la información censal del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI 2010a; 2010b), se tiene registrado que el total de viviendas habitadas en Hermosillo en el 2000 fue de 133.283, mientras que para el 2010 este indicador llegó a 196.969 viviendas, lo cual ofrece en este periodo un promedio anual de 6.369 viviendas.

Con el uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y datos del INEGI es posible determinar la extensión territorial de la zona urbana (figura 4) que

se identifica como la mancha urbana de la ciudad, cuya superficie en el 2010 tiene un valor de 16.500 ha.

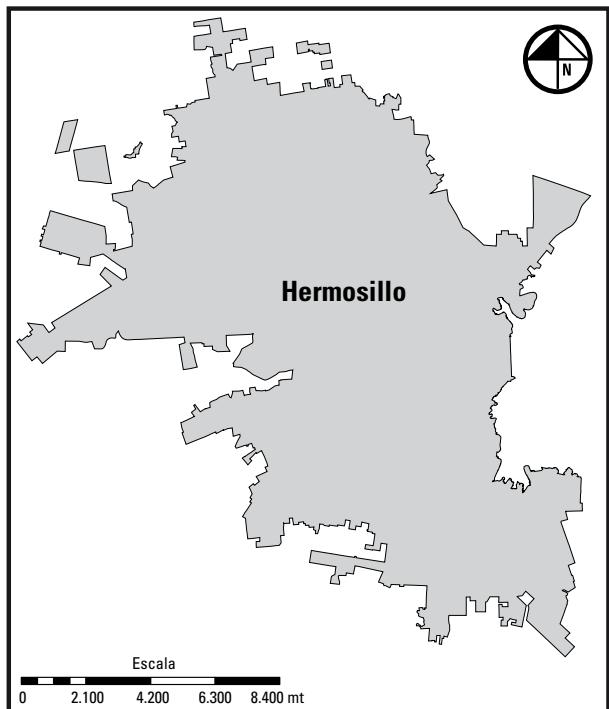


Figura 4. Superficie urbana de la ciudad de Hermosillo (2010).
Datos: INEGI 2010a.

Las ciudades capitales de los estados, o en su caso zonas metropolitanas, son centros de población que atraen habitantes de otras localidades que provienen de la migración temporal que se origina en algunos puntos rurales de la región o en otros estados del país; estos migrantes muchas veces se convierten en nuevos residentes de la ciudad. Más aún, cuando se construyen o desarrollan atractivos urbanos que hacen llamativa la estancia en la ciudad y que con el paso de los años tienden a convertirla en una estancia permanente o nueva residencia, esto provoca mayor presión social en el consumo de agua doméstica urbana y de otros servicios básicos. Así pues, el crecimiento demográfico en la ciudad de Hermosillo ha generado, por un lado, la construcción de un mayor número de viviendas, lo que conlleva a una mayor extensión territorial debido al crecimiento horizontal que prevalece en la zona urbana, y, por el otro, ha suscitado un mayor requerimiento de agua potable al incrementarse el número de tomas de agua domiciliarias o conexiones de servicio.

En este sentido, Burn, De Silva y Shipton (2002) citan que actualmente los sistemas de distribución de agua se hallan cada vez más bajo tensión, debido al cre-

ciente desarrollo demográfico que ejerce más presión sobre los recursos del agua existentes.

Crecimiento urbano

Al revisar el documento de diagnóstico y Programa de Desarrollo Urbano de la Administración Municipal de Hermosillo, se encuentra en lo descrito como resumen de los planes anteriores que estos no se distinguen por tener una continuidad en sus propuestas: por ejemplo, no hay parámetros que permitan observar una conexión entre la visión de un plan y otro, puesto que mientras en algún plan se establecieron políticas de restricción en la adquisición de reservas de terrenos y de disminución del ritmo de crecimiento, otro plan municipal menciona, en uno de sus objetivos, ordenar el territorio para lograr un desarrollo sostenible; del mismo modo, en otra administración el plan establece que se proponen en lo general tres políticas: las aplicables a la ocupación de las reservas de crecimiento, la política de densificación o reutilización del espacio urbano y las de restricción al crecimiento, sujeto a la disponibilidad de agua (IMPLAN 2007).

Ahora bien, con respecto al elevado crecimiento demográfico que se da a partir de 1970, se generó, en consecuencia, un acelerado crecimiento urbano que inicia en ese mismo año, con una tasa de crecimiento media anual de 3,88%; y continúa, en el periodo 1980-1990, con un crecimiento urbano más explosivo, al presentar una tasa media anual de 7,1% de incremento en la superficie urbana. En este periodo la superficie urbana pasó de 4.383 ha a un valor de 8.691 ha.

Todavía sin estabilizarse el crecimiento urbano, y siguiendo aun en la ruta de alto aumento, en el periodo 1990-1995 se presenta una extensión territorial urbana a razón del 5,48% en promedio anual, llegando en 1995 a un total de 11.350 ha. Así pues, la superficie urbana en la ciudad durante el periodo 2000-2010 muestra que, mientras que en 1995 se tenía ya identificada una superficie urbana casi estable o en equilibrio con el crecimiento demográfico, del 2001 al 2005 empieza a presentarse un crecimiento disperso con mayor tendencia hacia el norte, norponiente y poniente de la ciudad.

En otra etapa, desde el 2005 al 2010, se presentaron otros desarrollos dispersos asentados principalmente en el poniente y norte de la ciudad. En los años recientes es notorio un crecimiento de la superficie urbana hacia el poniente de la urbe (sección topográfica más baja). En la figura 5 puede observarse la evolución del crecimiento urbano en el periodo 2000 a 2010.

Al examinar los datos de población y superficie urbana para el periodo de análisis y al representarlo en tasa porcentual (tabla 1) y valores absolutos del crecimiento (figura 6), vemos que en la década 1970-1980 es más lento el crecimiento urbano, con lo que se evidencia que este se mantiene para dar paso al incremento demográfico. Algo distinto ocurre a partir del 2000, cuando el proceso se invierte y sobresale la superficie urbana destacando su extensión territorial, mientras que la población crece y se concentra en lo urbanizado.

Sin embargo, no puede pasar desapercibido el crecimiento urbano explosivo de la superficie urbana durante el periodo 1980-2000, pues fue durante este lapso que se presentó una destacada ampliación de la extensión territorial con elevadas tasas de crecimiento, y se

pasó de 4.383 ha a 13.991 ha, lo cual fue generado también por el crecimiento intenso de la población, lo que provocó una alta demanda en la urbanización y, como consecuencia, la exigencia de una mayor atención en los servicios básicos urbanos, en este periodo fue muy crítico el estado del servicio del agua doméstica puesto que confluyó con un tiempo de estiaje de 15 años.

Al final, el área urbana registrada para el 2010 se posicionó en un valor de 16.500 ha. Entonces, es posible deducir que el crecimiento demográfico y de la superficie urbana presenta tendencias de desarrollo similares durante varios periodos, lo cual puede distinguirse gráficamente en la figura 6, cuya interpretación se relaciona con la tasa de crecimiento indicada en la tabla 1.

Tabla 1. Tasa de crecimiento media anual.

Crecimiento	1950-1960	1960-1970	1970-1980	1980-1990	1990-1995	1995-2000	2000-2005	2005-2010
Demográfico (%)	8,20	6,28	5,34	3,18	4,20	1,60	3,29	2,16
Urbano (%)	10,87	1,64	3,88	7,10	5,48	4,27	1,40	1,92

Datos: IMPLAN 2007; INEGI 2005; 2010a; 2010b.

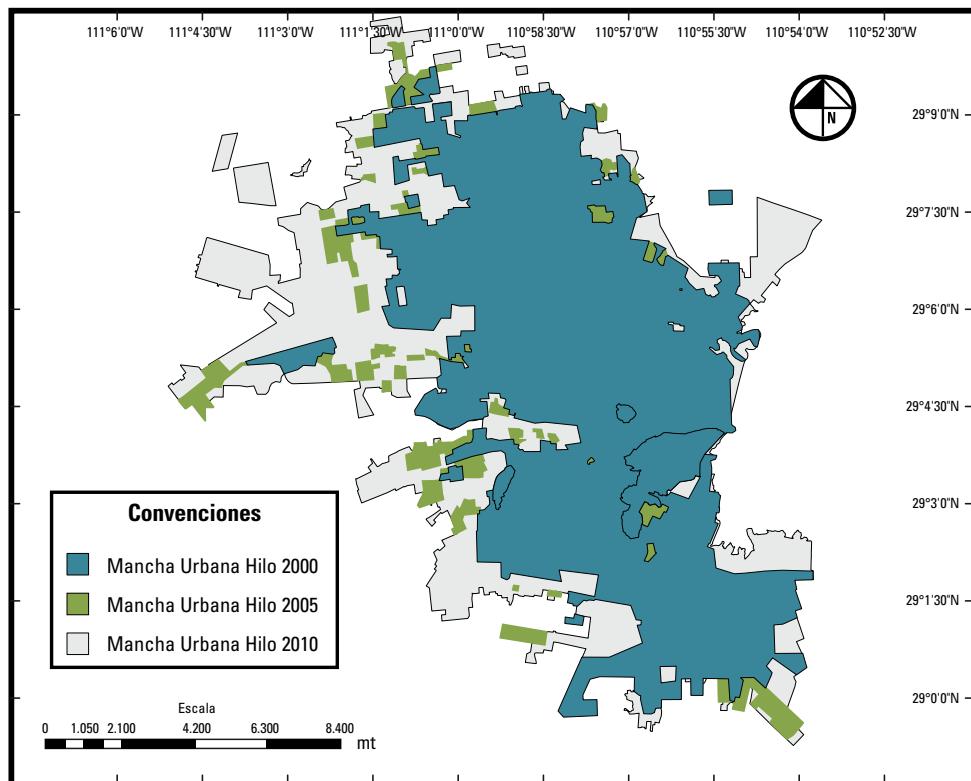


Figura 5. Crecimiento de la urbanización en Hermosillo.

Datos: ICRESON 2010; INEGI 2005; 2010a; 2010b.

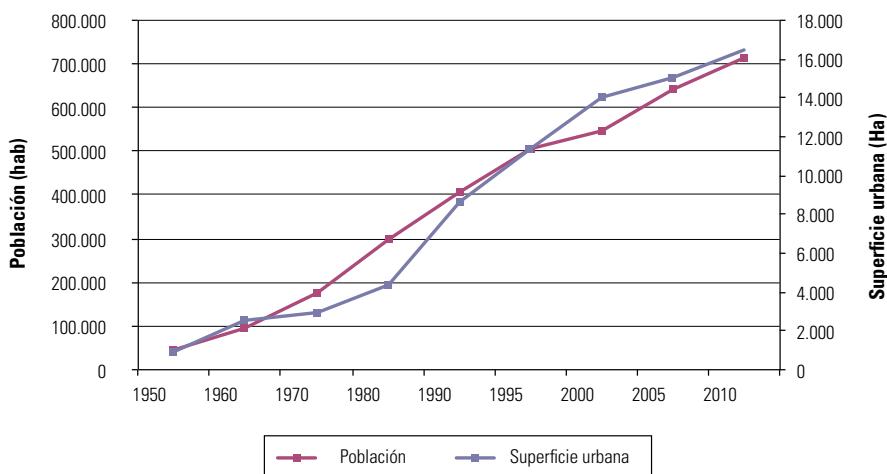


Figura 6. Evolución población-superficie urbana.

Datos: IMPLAN 2007; INEGI 2005; 2010a; 2010b.

De tal modo, se ha podido constatar que el crecimiento de la ciudad ha tenido etapas de alto desarrollo en el rubro demográfico y en la superficie urbana, y es evidente que tal fenómeno rebasó a los responsables de la gestión y planificación urbana de la localidad estudiada. Una consecuencia del brusco crecimiento urbano no-demográfico, combinada con los cambios bruscos del clima, ha sido el deterioro de las fuentes de agua utilizadas para el abasto de la ciudad.

En un estudio de evaluación de los consumos de agua residencial, realizado por Shandas y Parandvash (2009) y referido a la integración de la forma urbana y la demografía en la gestión de la demanda de agua en Portland Oregon, EE. UU., se expone que evaluar el grado en que las políticas de gestión del suelo afectan el consumo de agua puede ayudar a resolver algunas preguntas, tales como: ¿qué estrategias de uso del suelo son más eficaces en la reducción de la demanda de agua? ¿Cómo funciona la densidad de un barrio en el impacto del consumo de agua? Hacer frente a estas preguntas puede ayudar a establecer un enfoque que permita comprender qué estrategias de planificación de uso del suelo pueden afectar a los recursos naturales y cómo los organismos de planificación urbana pueden trabajar en cooperación con los organismos de gestión del agua en la aplicación de las estrategias de conservación de este recurso natural.

Densidad de la población

Otra forma de distinguir el crecimiento urbano es través de la densidad de la población que vincula al número de habitantes con la superficie urbana. Un mapa

de densidad permite conocer cómo se distribuye la población por unidad de área en la geografía de la ciudad. A partir del uso de sistemas de información geográfica, es posible presentar la figura 7 que muestra esta relación de densidad para el 2005. En este año se distingue una concentración de la población en el sector norte y en áreas específicas hacia el sur de Hermosillo, que puede decirse que están alejadas del centro de la ciudad. Este análisis se realiza utilizando el concepto de Área Geo-estadística Básica (AGEB), el cual es un patrón de colección de indicadores derivados de los períodos censales que mantiene el INEGI a nivel nacional.

Al observar la distribución de la población indicada en la figura 7 para el 2005, vemos que las zonas con mayor concentración de población se localizan en el norte de la ciudad, en las que domina el rango de 80-115 hab/ha (equivalente a 8.000-11.500 hab/km²), y se distinguen también pequeñas áreas con densidad alta de 116-233 hab/ha (11.600-23.300 hab/km²); asimismo, Hermosillo sur tuvo los menores valores de densidad poblacional, 116-233 hab/ha.

En el 2010 no se observan cambios significativos en la concentración de la población (figura 8), excepto en el sector poniente, en donde se presenta una concentración de habitantes prácticamente en los cinco rangos de densidad definidos en el mapa, lo cual se debe al crecimiento disperso.

También dominan en la zona norte valores altos de densidad, con un rango de 84-122 hab/ha (o bien 8.400 a 12.200 hab/km²) en un amplio territorio retirado del centro de la ciudad. Surgen nuevos desarrollos en el norte final de la zona urbana. El sector norte de

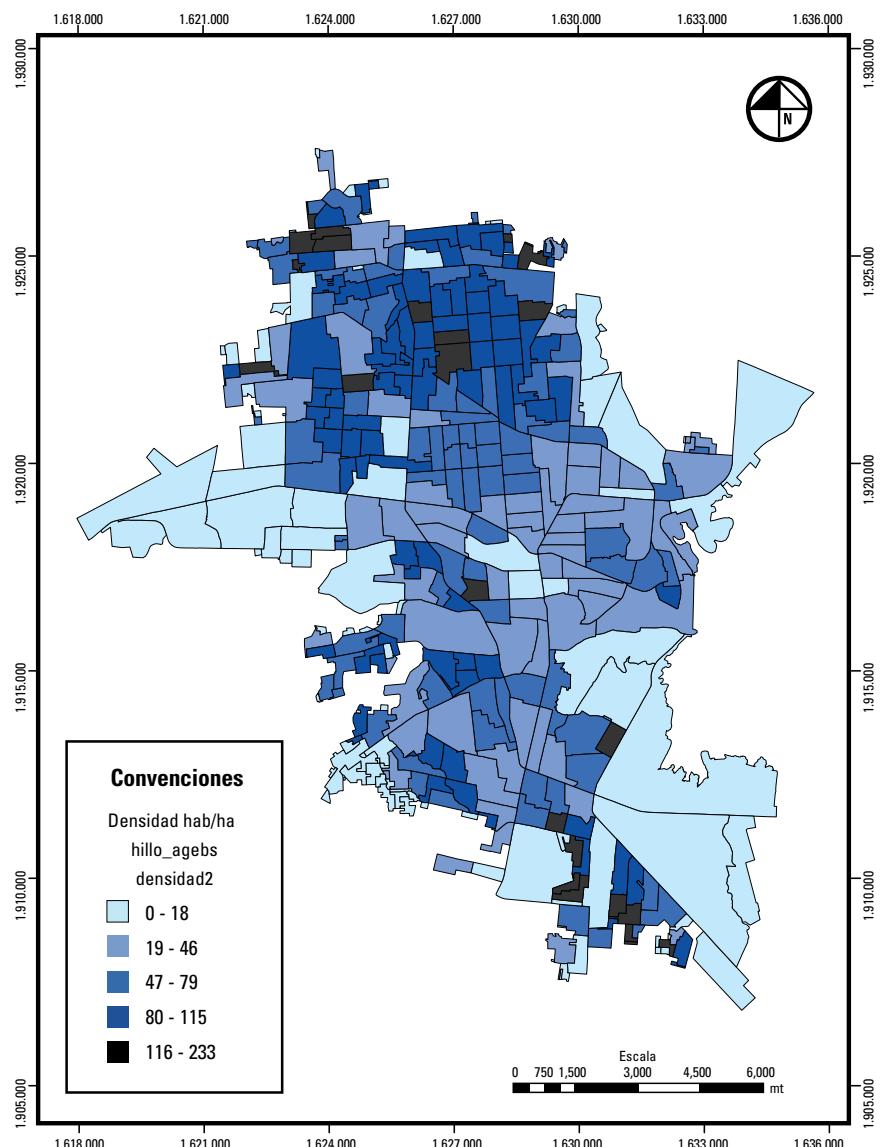


Figura 7. Densidad de población de Hermosillo (2005).

Datos: INEGI 2005.

Hermosillo se caracteriza por tener la mayor elevación topográfica (elevaciones promedio de 220 msnm con valores extremos al norte final de 250 msnm) y sectores de alta plusvalía con respecto al resto del territorio de la zona urbana. Topográficamente sucede lo mismo en la zona sur de la ciudad, pues dominan las elevaciones promedio de 255 msnm.

Los niveles topográficos bajos en la ciudad se ubican en la parte central y los más bajos se localizan en todo el sector poniente y sur poniente (con elevaciones promedio de 195 msnm). En consecuencia, dichos sectores se ven muy beneficiados con el abasto de agua y no son perjudicados por el programa de tandeo (agua

por horas al día) que está vigente desde el 2010 debido a la falta de capacidad de las fuentes de abastecimiento y por la escasez general en la región en la que se ubica la zona de estudio.

Con respecto a la distribución de habitantes, Jia y Guldmann (2012) señalan que el reparto espacial de la población en la ciudad refleja las condiciones económicas, sociales, tecnológicas y de mercado, así como las políticas de planificación (por ejemplo, expansión de infraestructura) con impactos significativos sobre la población en sus funciones sociales y ambientales. Por lo tanto, los modelos de distribución de la población y densidad son centrales para predecir futuros urbanos,

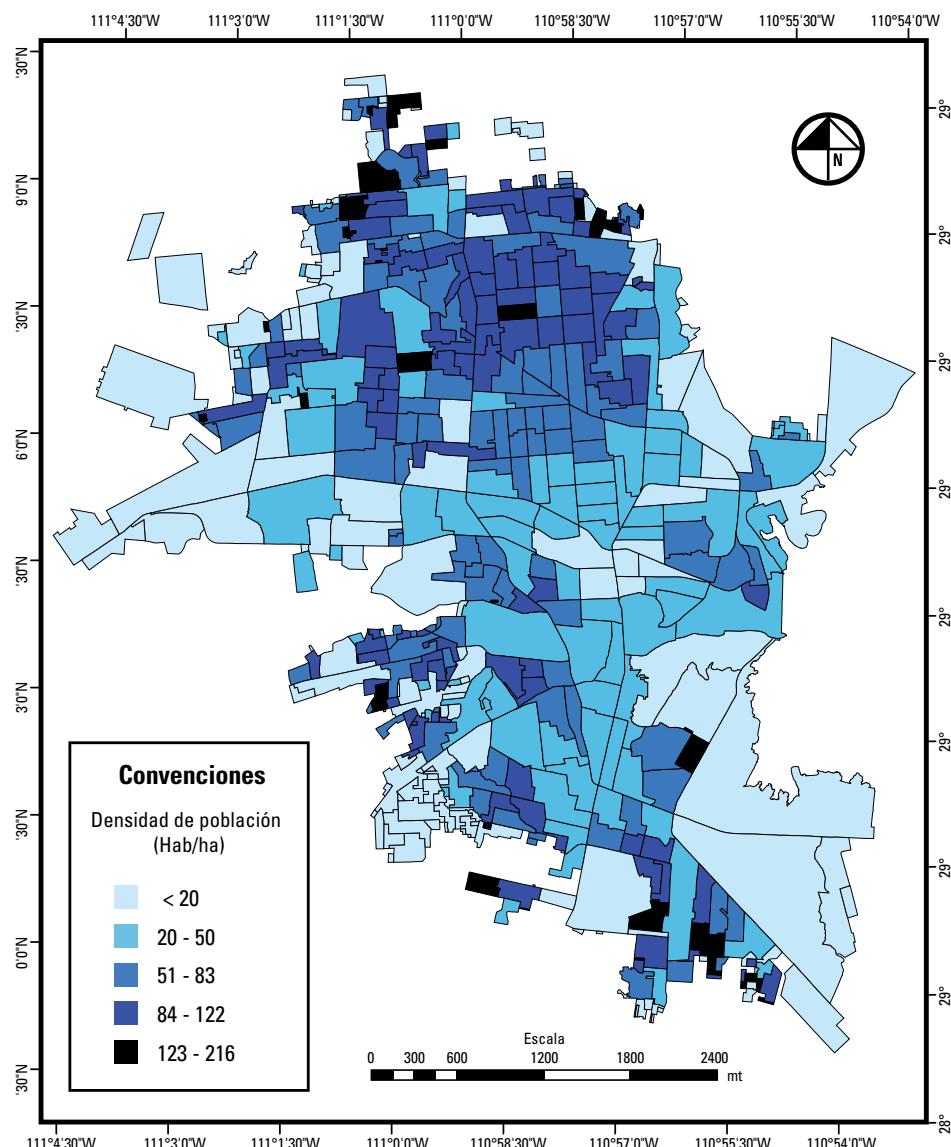


Figura 8. Densidad de población de Hermosillo (2010).

Datos: INEGI 2010a.

así como de gran importancia para los planificadores y los responsables de las políticas. Por ello no es sorprendente que los patrones de densidad de población se han estudiado extensamente. Las primeras investigaciones se han centrado en modelos monocéntricos que consideran a la distancia con respecto al centro de negocios de la ciudad como el principal factor determinante de la densidad de población.

Gestión del agua

La competencia por el agua entre el sector doméstico y el sector agrícola en Hermosillo es evidente. La principal razón de este conflicto radica en la ausencia

de lluvias y en la prolongación del periodo de estiaje en la región por hasta casi quince años, se suma a ello el fuerte crecimiento urbano y demográfico que ha venido desarrollándose en este lugar desde 1980. En los últimos dos años se han dado continuas protestas y controversias entre los usuarios del agua residencial de Hermosillo, que sienten el *stress hídrico*, y los usuarios del agua agrícola del sur del estado, específicamente en ciudad Obregón, que riegan sus cultivos en el Valle del Yaqui. Por un lado, los primeros protestan porque en varios años no han tenido un abasto seguro de agua en su hogares y porque, además, las autoridades del gobierno estatal y federal prometieron resolver

el problema de escasez del agua urbana en Hermosillo con la construcción del Acueducto “Independencia”, con el cual se pretende extraer agua superficial de la presa Plutarco Elías Calles (presa “El Novillo”), cuyo vaso de almacenamiento tiene capacidad hasta 2.925 millones de metros cúbicos; dicha presa se localiza en la cuenca vecina perteneciente al río Yaqui. Por el otro lado, los usuarios del agua agrícola han elevado sus reclamos porque sostienen que el agua de dicha presa les pertenece por cesión de derechos para riego. Este acueducto, que inició su construcción desde el 2010, la cual concluyó en diciembre del 2012, es el mismo que efectuará un trasvase de la cuenca del río Yaqui hacia la ciudad de Hermosillo y conducirá un volumen máximo de 75 millones de m³ de agua por año (2.378 lts/seg). Las autoridades responsables de la gestión han señalado que el acueducto entrará en operación a partir del verano del 2013.

De acuerdo con los datos publicados por las autoridades responsables, el costo de la construcción de dicho acueducto, dos plantas potabilizadoras y demás obras complementarias, asciende a un total de \$4.000 millones moneda nacional (equivalente a US\$ 330 millones). La longitud de esta obra es de 152 km, con un diámetro constante de 1,22 m (48 plg.), 45 km del acueducto tendrán un funcionamiento hidráulico por bombeo y los 107 km de longitud restante funcionarán por efecto de gravedad.

En cuanto a esta situación de crisis hídrica en la zona de estudio, el Organismo Operador Agua de Hermosillo —en adelante, AGUAH— ya había implementado años atrás, entre 1998 y 1999, un programa de tandeo que consistía en ofrecer a los habitantes determinados horarios en el servicio de agua. Este programa tenía el propósito de restringir el abasto del recurso hídrico y otorgaba el servicio solo durante algunas horas del día. En el 2005 se implementó de nuevo el servicio restringido a solo unas horas en el día (Pineda 2006). Este programa de tandeo del agua procedió solamente por unos meses dentro de los años 1998 y 1999.

Las autoridades responsables de resolver el déficit del agua urbana realizaron, durante la emergencia, gestiones con el fin de seguir incrementando la oferta, por lo que a partir del 2006 se enfocaron en promover la construcción del acueducto “El Molinito”, cuyo objetivo consistía extraer agua de la presa “El Molinito”, localizada sobre el río Sonora a 20 km aguas arriba de la presa ALR. Este acueducto cumplió con su propósito solo durante dos años luego de su construcción, ya que

la fuente mencionada, al igual que la presa ALR, no logró recibir escurrimientos significativos de agua de la cuenca del río Sonora, por lo que, desde el 2009, este acueducto ya no participa en el abasto de agua hacia la ciudad, la cual queda prácticamente a la espera de que estas presas reciban aportaciones futuras derivadas del escurrimiento superficial procedente de la cuenca del río Sonora.

Actualmente, parte de la población padece *stress hídrico*, puesto que el servicio de suministro de agua no se realiza en un 100%, ya que el programa de tandeo o servicio de abasto por horas al día se implementó de nuevo a partir de enero del 2010, luego durante el 2011 y después en el 2012. Esta persistente problemática de la escasez del agua pone en evidencia que las soluciones implementadas para enfrentar este déficit a nivel urbano se han enfocado fundamentalmente en la búsqueda de nuevas zonas de captación del recurso (de manera superficial y subterránea). Se ha preferido incrementar la oferta de agua para suministrar más cantidad al sistema de distribución y, en consecuencia, a los hogares, lo cual sigue el modelo tradicional de una política de agua basada en la gestión de la oferta, que se centra en elevar la cantidad de agua a través de la construcción de obras que captan el líquido y que lo conduzcan al sitio de abasto (152 km en el caso de la nueva captación). Esta alternativa lleva consigo el trasvase por medio de un acueducto desde la cuenca del río Yaqui hasta la zona urbana de Hermosillo situada sobre la cuenca del río Sonora (Ojeda 2011).

El sector industrial aún no manifiesta evidencias claras de estar compitiendo por el recurso hídrico de la zona de estudio. Sin embargo, con el desarrollo industrial que se está impulsando es muy posible que se amplíe esta competencia por el agua en la próxima década, independientemente de la operación del acueducto “Independencia” o de otras obras que se incorporen al sistema de abastecimiento de agua en Hermosillo.

Ante este tipo de situaciones, Cabrera (2008) expone que difícilmente se podrá satisfacer plenamente, siempre y en cualquier lugar, una demanda que, de no controlarse, no encuentra límite. Siempre llegarán períodos secos en los que la disponibilidad de recursos no podrá cubrir el consumo habitual y habrá que racionar el agua o, en otras palabras, será necesario gestionar la demanda, y ello solo es posible si se dispone de una red de agua estanca y se tiene capacidad para modificar el consumo. Todo esto exige una coordinación entre instituciones que no siempre es la adecuada.

La evolución del volumen de agua que producen en conjunto las captaciones para el abasto de este recurso natural en la ciudad de Hermosillo puede verse en la figura 9. Dicha producción se presenta para un periodo de diez años e ilustra una disminución gradual en el volumen producido desde el 2000, y que tuvo una crisis en el 2005.

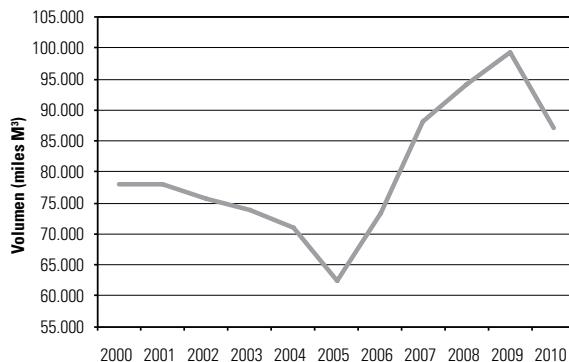


Figura 9. Producción de agua en las zonas de captación.

Datos: AGUAH 2011.

El déficit de abastecimiento de agua observado en la gráfica fue la causa principal por la que se pretendió implementar el programa de tandeo entre 1998-1999 y 2005, el cual no fue aceptado por los ciudadanos y los usuarios del servicio de agua de Hermosillo. A raíz de esta situación, el organismo operador AGUAH se dio cuenta de que la red de distribución no estaba preparada a nivel de infraestructura para ofrecer un servicio por horas en distintos sectores de la ciudad.

El incremento del volumen de agua producido durante el periodo 2007-2009 se debe a la aportación principal que prestó el acueducto "El Molinito" en esos dos años, gracias al almacenamiento logrado en la presa que lleva el mismo nombre. De no haber sido por estas aportaciones, se hubiera presentado una situación de caos y *stress hídrico* generalizado en la ciudad capital del estado de Sonora.

Con respecto a las coberturas que mantiene el organismo operador AGUAH, sus registros indican que, para el 2010, la ciudad de Hermosillo presenta un indicador de 99,21% en la cobertura de la red de agua potable y del 98% en la cobertura del servicio de agua (indicadores de calidad altos). Para este mismo año presenta un registro global de 242.429 conexiones o tomas de agua en conjunto destinadas a tres sectores: doméstico, comercial e industrial. De este número de tomas, el 94,2% corresponde al sector doméstico, es decir, un total de

228.385 tomas. De ese número de conexiones, en el sector doméstico solo 148.764 tomas poseen medidor instalado. Significa entonces que únicamente el 65% del sector doméstico tiene servicio medido (cobertura de medición), lo cual corresponde a un indicador de baja calidad. Si el usuario no sabe cuánto volumen de agua se consume en su hogar, tampoco podrá saber la disminución o incremento de este de acuerdo con las medidas que aplique en su vivienda o incluso desconocería si llega a tener pérdidas de agua por fugas.

Durante el presente estudio, y para identificar la variación del consumo de agua en los hogares, se recolectó información de los consumos mensuales (m³) del servicio otorgado por el organismo operador AGUAH, esto se hizo con cada toma domiciliaria que disponía de registros y que formaba parte del padrón del servicio medido. La información recolectada corresponde al 2005 y 2010. Esta información se presenta a manera de una evolución a través de un promedio mensual, tal como se muestra en la figura 10.

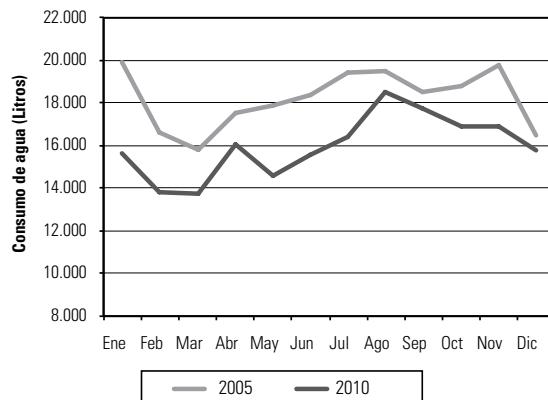


Figura 10. Consumo mensual de agua en Hermosillo.

Datos: AGUAH 2011.

En esta representación se observa que el consumo de agua mensual en Hermosillo durante el 2010 fue menor que en el 2005, y que este tiene una tendencia similar durante los meses más cálidos (mayo-septiembre), debido a las altas temperaturas. Por lo tanto, esto confirma que el programa de tandeo implementado a partir del 2010 generó un ahorro de agua dado que en este año se tuvo mayor población y más crecimiento de la superficie urbana de Hermosillo. Es decir, en el 2010 se alcanzó un mayor crecimiento urbano-demográfico que aparentemente demanda mayor agua. Sin embargo, dicha situación hace ver que los habitantes pudieron adecuarse a una menor dotación de agua proporcionada por el organismo operador.

Ante este tipo de situaciones, Antón (1996) señala que la cantidad de agua consumida a nivel de una comunidad depende de muchos factores, entre ellos se incluye el clima, puesto que se necesita más agua en los climas áridos que en los fríos. La demanda de agua depende asimismo de su disponibilidad. La gente se adapta al volumen disponible y, si bien existe cierta inercia relacionada con la modificación de los hábitos, puede decirse que si el resto de factores permanece con un valor constante, cuanto mayor volumen de agua sea suministrado, mayor será el nivel de consumo, aunque esta relación no es aritmética.

La medición de los consumos de agua a nivel de los hogares (micro medición) es un proceso importante que debería tener el 100% de cobertura, independientemente del tipo de tarifa que se aplique al usuario (tarifa normal o subsidiada), puesto que ello facilita la implementación de acciones enfocadas a la gestión de la demanda. También permite enfocar actividades de investigación en tiempo y en espacio en la zona de estudio, facilita la toma de decisiones y posibilita establecer políticas de gestión con respecto al suministro de agua y el crecimiento urbano.

En este sentido, en un estudio realizado por Troy y Holloway (2004), referente al consumo de agua residencial en cuanto que un elemento de planificación, se expone que, como resultado de estudios profundos sobre la situación de los consumos de agua, las distribuciones espaciales, junto con los patrones de consumo de este recurso para los diferentes tipos de edificaciones y hogares, se podrían utilizar para permitir la planificación de nuevas áreas y la reurbanización de las áreas existentes dentro de la ciudad con el fin de reducir el consumo de agua.

En la ciudad de Hermosillo, los usuarios de las viviendas que tienen lectura de medidor y que se les extiende factura pagan el monto que corresponde al volumen de agua consumido, según el esquema establecido de bloques. Al resto de los usuarios que no tienen medidor el organismo AGUAH les cobra un volumen de agua estimado y promediado según los valores de las cantidades consumidas en la zona en donde se ubican sus viviendas o en un sector vecino. Esto provoca el inconveniente de que, si bien se está cobrando un monto por el consumo de agua, no se puede considerar que el volumen estimado sea real en virtud de que no fue registrada una lectura de consumo en la vivienda correspondiente. De ahí que, según registros del organi-

mo operador, para el 2010 se registró un volumen total de 87 millones de m^3 de agua producida para la ciudad contra un volumen facturado de 54.6 millones de m^3 en conjunto para los tres sectores: doméstico, comercial y el industrial; esta relación arrojó una eficiencia física del 63% (indicador de baja calidad).

En este orden de análisis, las tarifas que están establecidas para el sector doméstico son de tipo bloque. Los bloques definidos y aplicados en el consumo de agua en m^3 son los señalados a continuación: 0-10, 11-15, 16-20, 21-25, 26-30, y así sucesivamente en ese orden hasta 71-75 y mayor de 76 m^3 . El costo del bloque inicial obligatorio (0 a 10 m^3) para el 2011 es de \$ 43,96, y por cada m^3 de agua adicional, a partir de 11 m^3 , se aplica un aumento en la tarifa. Tal incremento del precio por cada m^3 de agua adicional varía de acuerdo con el bloque en que se ubique el consumo de agua registrado. El menor incremento adicional es \$ 3,7 por m^3 en el bloque (11-15), mientras que en el bloque de consumo ubicado en el rango 71-75 se suma un diferencial \$ 31,33 por m^3 .

Según la figura 10, el bloque en el que oscilan la mayoría de los consumos de agua doméstica en las viviendas de usuarios durante los doce meses del año se halla en el rango de 16-20 m^3 por mes, y le corresponde un incremento de \$ 5,16 por cada m^3 de agua adicional consumida en dicho bloque.

Por ejemplo, si un usuario consumió a lo largo del mes un volumen de agua de 19 m^3 , el pago que le correspondería es de \$ 43,96 por los primeros 10 m^3 obligatorios, y se sumaría a ello \$ 46,44 por el incremento del consumo hasta los 19 m^3 , con lo que resulta un importe total de \$ 90,4 (equivalente a US\$ 7,5), esto sin incluir el impuesto del 16% al valor agregado (IVA).

Con respecto a la dinámica en las tarifas, durante el periodo 2004-2010 estas se han incrementado en un 45%. Sin embargo, el valor de la tarifa y el incremento total realmente no representan el valor real del agua, y los consumos de este recurso no disminuyen por esta única razón. Por lo tanto, no es recomendable dedicar la atención únicamente a las tarifas. Sin embargo, no existe un programa de incentivos o puntos acumulados para futuros descuentos dirigidos a los usuarios que promueven o aplican sus propias medidas de conservación del agua, las cuales, de algún modo, repercuten de manera positiva en un ahorro de agua en su vivienda, por lo queda tan solo al buen juicio o criterio ambiental del usuario la realización de las medidas que se deban aplicar en esta situación.

Gestión de la demanda

De acuerdo con información del Atlas del Agua (CONAGUA 2010), la disponibilidad natural media de agua per cápita en México ha disminuido con el tiempo: mientras que en 1980 se tenía registrado un valor per cápita nacional de $6.168 \text{ m}^3/\text{hab/año}$, este dato pasó en 1995 a ser de $5.011 \text{ m}^3/\text{hab/año}$. Para el 2007, la disponibilidad de agua por habitante siguió a la baja y registró un valor de $4.312 \text{ m}^3/\text{hab/año}$. En la región hidrológica donde se localiza la zona de estudio (región II noroeste de México), esa disponibilidad de agua per cápita tuvo un valor de $3.192 \text{ m}^3/\text{hab/año}$ para el 2007 y se proyecta que para el 2030 será de $2.819 \text{ m}^3/\text{hab/año}$.

De tal modo, vemos que en México la disponibilidad de agua por habitante por año tiende cada vez más a la baja, así como que los recursos hídricos superficiales y subterráneos son más escasos, la variabilidad en la precipitación pluvial es más errática y las temperaturas urbanas van en aumento. Es tiempo de que las autoridades responsables de la administración de los recursos hídricos aprecien por completo la necesidad de gestionar de una manera distinta el agua urbana.

Las condiciones climáticas también tienen una gran influencia en el volumen del consumo de agua. Las demandas de los suministros de este recurso continúan creciendo en todo el mundo. Los aumentos recientes del tamaño de la población en los países en desarrollo han dado lugar a una amplia necesidad de provisión y saneamiento de agua segura y adecuada, e imponen una gran demanda del recurso para futuros proyectos de desarrollo y de gestión (Durga Rao 2005).

Al igual que las diferencias sociales, económicas, políticas y técnicas en los distintos municipios o localidades urbanas de México, las condiciones geográficas, hidrológicas y, en general, de disponibilidad de agua y su distribución, marcan una gran diferencia en el estado de Sonora con respecto a otras entidades federativas del país. Hermosillo, como ciudad localizada en la franja desértica de Sonora, experimenta altas temperaturas durante siete meses del año. Por ejemplo, entre abril y octubre se presenta un rango de temperaturas máxima mensual media de 34°C a 36°C a la sombra, con valores críticos de 42°C durante junio-agosto (figura 11).

En esa temática, la gestión del agua se ha caracterizado tradicionalmente por un paradigma de control que en la actualidad está cambiando poco a poco. Esto se debe, en gran parte, tanto a la necesidad de poner

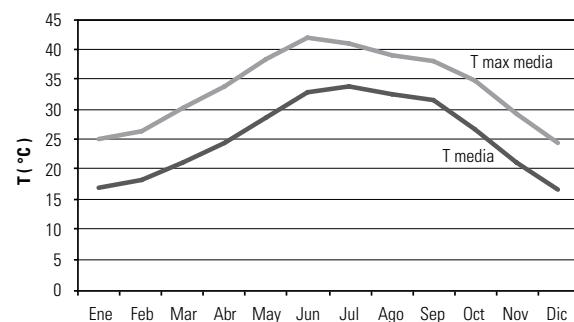


Figura 11. Variación de las temperaturas (1992-2009).

Datos: CONAGUA 2010.

en práctica la gestión integrada de los recursos hídricos como a la idea de que la gestión del agua se enfrenta a la creciente incertidumbre del cambio de clima y a la veloz transformación de las condiciones del entorno socioeconómico (Pahl-Wostl 2007).

La gestión de la demanda tiene por objeto lograr aportaciones y usos deseables. Dicha gestión influye en la utilización eficiente y sostenible de un recurso escaso. Tal definición implica que esta gestión también puede incluir medidas destinadas a estimular la demanda de agua en los sectores en donde se considera el uso actual indeseablemente bajo (Dube y van der Zaag 2003).

El nivel de eficiencia física del 63% para el 2010 en la red de distribución de agua en Hermosillo se considera bajo, como también lo es el 65% del nivel de cobertura en la medición del consumo de agua en el sector doméstico. De igual manera, para ese mismo año, el organismo reporta un número de usuarios que presentan morosidad en el pago del agua consumida. Por ejemplo, reporta que 34.725 usuarios tienen un retraso en el pago de 12 meses y más, y 16.688 usuarios están pendientes de pagar entre 5 y 11 meses de retraso. Asimismo, reporta también que el 21% de las tuberías de la red de distribución de agua tienen una antigüedad entre 21 a 29 años, y un 14% de esa misma red las tuberías tiene una antigüedad de entre 10 a 19 años. En otras palabras, existen 33 millones de m^3 de agua que para el 2010 no fueron facturados por ninguno de los mecanismos o programas aplicados, y esto muy probablemente se debe a fugas en la red de distribución de agua. Por lo tanto, con tan solo estos ejemplos se considera que existen una gran cantidad de acciones que se pueden encaminar hacia una transición del modelo de gestión de la oferta a uno de gestión de la demanda de agua.

En este sentido, Manzungu y Machiridza (2005) declaran que la gestión de la demanda de agua tiene como

propósito conservar la calidad y cantidad de agua. Esta es definida como la implementación de estrategias que influyan en la demanda y uso del agua, para lograr objetivos de eficiencia económica, desarrollo social, equidad, protección ambiental y servicio sustentable del suministro de este recurso, así como una política aceptable.

En este mismo rol de efectividad, Brooks (2006) agrega que se ha demostrado que la gestión de la demanda produce beneficios económicos a través del aumento de la eficiencia, así como, en muchos casos, una mayor equidad, una reducción de daños al medio ambiente y una mayor participación pública. Desafortunadamente, la falta de claridad sobre lo que constituye la gestión de la demanda de agua, y cómo puede ser efectivamente introducida en diferentes sectores, regiones y las culturas, está bloqueando su capacidad de jugar un gran papel, como debería serlo, en las políticas de agua. En su sentido más simple, la gestión de la demanda significa la obtención del máximo provecho de las aguas que se tienen. De tal manera, cualquier método, ya sea técnico, económico, administrativo, financiero o social, que cumpla con uno o más de los siguientes cinco puntos implicará una gestión de la demanda:

1. Reducir la cantidad o calidad de agua requerida para realizar una tarea específica.
2. Ajustar la naturaleza de la tarea o la forma en que se lleva a cabo de manera que se pueda lograr con menos agua o con agua de menor calidad.
3. Reducir la pérdida de cantidad o calidad del agua mientras fluye desde la fuente hasta el punto de suministro.
4. Cambiar el tiempo de uso del pico en temporada baja.
5. Aumentar la capacidad del sistema de agua para continuar sirviendo a la sociedad en momentos en que el agua en la fuente es escasa.

Resultados y discusión

Es evidente que el número de habitantes en la zona de estudio ha tenido un fuerte incremento en los últimos veinte años, puesto que el aumento es cercano al 100%. Dicha situación rebasó las capacidades de los responsables de la planificación urbana de la entidad encargada de la gestión del servicio del agua. Según el registro censal, el incremento poblacional del periodo 2000-2010 ha sido superior al de la década anterior. Dicho crecimiento se da a pesar del clima desértico de la zona, que registra temperatura urbana de 36 °C a 42 °C durante la mayor parte del año. En Hermosillo este cre-

cimiento urbano ha sido correlativo a una prolongada escasez de agua en el sistema de abasto, lo cual ha presionado y estresado a la población y a los responsables de la gestión durante un periodo de prácticamente 15 años. El crecimiento urbano, evaluado a través de su densidad, presenta altos rangos en todo el sector norte de la ciudad, en un territorio muy amplio que varía desde 1.900 a 12.200 hab/km² (19 hasta 122 hab/ha), y en algunas áreas de ese mismo sector norte se manifiesta también una fuerte concentración de hasta 20.000 hab/km² (200 hab/ha.). El análisis del indicador de densidad de la población ha permitido tener una visión de cómo está configurada la zona urbana de Hermosillo, lo cual es básico para la gestión del agua urbana y la ordenación del territorio. De ahí que niveles altos de la densidad de población puedan favorecer el grado de cohesión social y económica de los residentes.

Asimismo, el consumo promedio de agua en la ciudad indica que sí es posible consumir menos este recurso cuando se dictan programas de restricción en situaciones de emergencia. Estas no son medidas que acepten en general los habitantes de Hermosillo, ni tampoco los autores de este artículo, pues son acciones extremas que han molestado e incomodado, y que, aunque se justifiquen en este caso, los habitantes de Hermosillo consideran que se deben a una insuficiente planificación en el servicio que otorga el organismo AGUAH, y, en cierta medida, la sociedad tiene razón al cuestionar el programa de "tandeo del agua", sobre todo cuando no se han probado otras formas de eficiencia y optimización en el marco de la gestión de la demanda de agua. No obstante, los autores tenemos en proceso un trabajo de investigación que permitirá conocer con detalle el comportamiento georeferenciado de los consumos de agua doméstica en la ciudad de Hermosillo, al punto de identificar las posibles variables que influyen en el consumo de agua, lo cual podría coadyuvar a las labores de planificación urbana y al establecimiento de políticas públicas.

El organismo AGUAH señala que para el 2010 se tenía una cobertura en la red de distribución del 99,2%, es decir, prácticamente en todas las calles y viviendas de Hermosillo había una tubería que conducía agua potable, con independencia del sector socioeconómico al que pertenecieran los usuarios. De lo anterior es posible señalar que sí hay equidad en cuanto a la infraestructura de la red de tuberías. Sin embargo, la desigualdad puede presentarse por motivos de localización geográfica de la zona habitacional, ya sea por cuestiones

topográficas o por la posición longitudinal con respecto al punto de alimentación del sector urbano (tanques de almacenamiento y/o regularización del agua), lo cual influye en el resultado de las presiones hidráulicas del propio funcionamiento de la red general. A partir de lo anterior puede afirmarse que, de continuar con una brusca extensión territorial por efecto del crecimiento, esta situación de la distribución del agua será más crítica y requerirá de un incremento de las inversiones en infraestructura para ofrecer un confortable servicio de abasto, entre otros servicios básicos urbanos.

Durante el 2010, el abasto para la ciudad se sirvió en un 100% de fuentes de agua subterránea (101 pozos de bombeo) y, al revisar la información del organismo operador con respecto al consumo de energía por el servicio que presta a la ciudad, se ve que el registro del consumo energético, derivado del servicio otorgado por el organismo AGUAH en el 2010 por los conceptos de abasto de agua, alcantarillado, y saneamiento, suma 78.129.318 kwh (kilowatts/hr), de los cuales el 98,5% corresponde a la energía utilizada en el servicio de suministro de agua de la ciudad, lo que le genera al organismo un costo de \$ 110 millones en ese año (equivalente a US\$ 9 millones) por brindar este servicio. Por ello, en la medida en que las zonas de captación de agua se localicen más distantes de la ciudad, mayor será el consumo de energía eléctrica empleada en el sistema de abastecimiento de agua y, en consecuencia, se tendrán costos más elevados por el recurso eléctrico. En consecuencia, debe promocionarse una disminución en el consumo de energía, y esto se podrá llevar a cabo cuando se disminuya la oferta de agua o, en su caso, se logren ahorros, ya sea en la distribución del agua en la red de tuberías o en los propios hogares. Cualquier ahorro que se genere por este concepto, sin descuidar el servicio de agua equitativo para el usuario, se traducirá en indicadores en la ruta de gestión de la demanda y de la sustentabilidad.

Las declaraciones recientes de la UNESCO (2009) exponen ciertos signos de progreso en el ahorro de agua en áreas urbanas en regiones de Europa. La aplicación de medidas de gestión de la demanda no ha sido uniforme en todas las regiones del mundo, pero el interés en la mejora de la eficiencia del uso del agua está creciendo en muchos países. Singapur ha reducido la demanda urbana de agua doméstica de 176 litros por persona día en 1994, a 157 litros en el 2007, como resultado del gasto público adicional y específico para la mejora de la gestión de la demanda. En 2008, Sydney Water en Australia

comenzó a ofrecer viviendas en la zona del Parque Hoxton con dos fuentes de agua: agua reciclada y agua potable (redes de suministro dual). El agua reciclada que se va a utilizar para los jardines y otras necesidades al aire libre, el inodoro y, potencialmente, como agua fría en lavadoras y para ciertos fines no residenciales. Los grifos de agua reciclada, tuberías y cañerías, son de color púrpura para distinguir el agua reciclada del agua potable.

Conclusiones

Hermosillo presenta alto crecimiento urbano, tanto poblacional como en edificación, y muestra una tendencia de crecimiento continuo al norte y poniente de la ciudad. Es necesario analizar e investigar con mayor detalle este fenómeno urbano, de tal forma que se encuentre algún patrón que favorezca las medidas de planificación y control.

Las autoridades competentes en materia de gestión del agua urbana están haciendo esfuerzos por abatir el déficit de agua en la ciudad: por un lado, implementan el programa de racionalización, el mismo que tiene tres años consecutivos en operación, y, por el otro, construyen más captaciones para incrementar la oferta de agua.

Se han hecho esfuerzos insuficientes en el programa de instalación de medidores de agua doméstica. A su vez, se han dirigido recursos para la ejecución de un programa muy interesante de construcción de sectores hidrométricos en la red de distribución de agua urbana, cuyo propósito se espera que sea el reconocimiento del funcionamiento por secciones de la red general, de modo que se identifique el agua que entra en ese distrito hidráulico y se verifique su salida con la medición del consumo en los centros poblacionales; en todo caso, la diferencia de volumen sería identificado como pérdidas de agua, de las que se buscarían las causas que las provoca. El funcionamiento óptimo de los sectores hidrométricos en la red exige que se tenga el 100% de cobertura de la medición de los consumos de agua domiciliario, aunque puede analizarse conforme a un plan de avance por zonas. Sin embargo, no se conocen los resultados parciales que podrían estar aportando las zonas en donde ya están concluidos los trabajos de circuitos hidrométricos. Este programa es una gran oportunidad para conocer físicamente la situación real de la red de distribución del sistema de abasto. El organismo operador AGUAH planeó en el 2010 construir o adecuar un total de 105 sectores hidrométricos, cuyo número

puede incrementarse conforme al crecimiento o actualización de la red general de abasto.

Es pertinente señalar que el sistema de abasto debería estar en una etapa de transición, en la que una nueva cultura del uso del agua se abra paso frente a una antigua cultura muy arraigada en la sociedad y en los entes gubernamentales, que, sin conocer los beneficios de la gestión de la demanda, siguen conservando y promoviendo la gestión de la oferta con la construcción de grandes y espectaculares obras de captación y conducción de agua para su suministro en las zonas urbanas. Aceptar y acordar un modelo de gestión de la demanda de agua requiere la aceptación de dos partes: los usuarios del agua y las autoridades competentes de la gestión pública, quienes deberían promover continuamente una gobernanza que dicte y ejecute programas, así como la normativa necesaria para atender los principios de la gestión de la demanda de agua.

Es necesario, por un lado, analizar con detalle el comportamiento del consumo de agua doméstica a nivel urbano que permita conocer con precisión su distribución territorial y, por el otro, investigar científicamente en cantidad y calidad este fenómeno hídrico urbano, con el apoyo de herramientas como la estadística multivariada y georeferenciada. Conocer el comportamiento territorial del consumo de agua permitirá dictar medidas de planificación y control que sean coherentes con el respeto al medio ambiente y a la sustentabilidad hídrica de Hermosillo.

Es tiempo de promover y aplicar una normativa, por parte de las autoridades responsables de la gestión, que impulse, por ejemplo, la instalación de aparatos sanitarios de bajo consumo de agua en todas las viviendas de Hermosillo, fundamentalmente inodoros y regaderas (es decir, sustituir aparatos sanitarios antiguos que manejan mayor caudal por los de más bajo volumen). Esto puede ser un programa que genere ahorros de manera permanente y coadyuve en la nueva cultura del consumo responsable del agua. Es decir, si se considera un escenario mínimo de ahorro de 3 litros de agua en una sola descarga de un inodoro por vivienda/día, y al tener en cuenta en principio 100.000 viviendas, se tendría un ahorro absoluto de 109.500 m³ por año en el escenario mínimo. La sustitución de aparatos sanitarios puede hacer parte de un programa social soportado por un estudio socioeconómico que permita definir el porcentaje de subsidio que se otorgaría a aquellos hogares que no tengan condiciones económicas para realizar la renovación de tales aparatos sanitarios, y estaría, asimismo, respaldada por una política pública.

Finalmente, es pertinente señalar que las autoridades responsables de la gestión del agua deben promover, con más intensidad y de manera permanente, una mayor participación de todos los sectores de la sociedad en la discusión sobre la problemática de la escasez de agua y las vías de su solución, esto favorecerá la cultura de la conservación del agua en la ciudad de Hermosillo.

Arturo Ojeda de la Cruz

Es Maestro en Ciencias en Geohidrología, Ingeniero Civil de la Universidad Autónoma de Nuevo León - UANL (México) y candidato a doctor en Asuntos Urbanos en la misma universidad. Es Profesor Investigador Titular en el Departamento de Ingeniería Civil y Minas de la Universidad de Sonora (México); integrante de la Academia de Hidráulica y del Grupo disciplinario Gestión Urbana, en donde trabaja en las líneas de investigación gestión sustentable de servicios urbanos y valoración urbana.

Adolfo Benito Narváez Tijerina

Estudió Arquitectura, es Magíster en Diseño Arquitectónico de la Universidad Autónoma de Nuevo León - UANL (México) y Doctor en Arquitectura de la Universidad Nacional Autónoma de México. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, nivel 3, y de la Academia Mexicana de Ciencias. Profesor del Doctorado en Filosofía con orientaciones en Arquitectura y Asuntos Urbanos de la UANL. Trabaja las temáticas de imaginarios urbanos y análisis urbano.

Jesús Quintana Pacheco

Doctor en Gestión y Valoración Urbana y Arquitectónica de la Universidad Politécnica de Cataluña (España). Maestro en Ingeniería por la Universidad Autónoma de Querétaro (México) e Ingeniero Civil por la Universidad de Sonora (México). Es Profesor Titular B y Coordinador del Posgrado en Ciencias de la Ingeniería del Departamento de Ingeniería Civil y Minas de la Universidad de Sonora (México). Miembro del Grupo disciplinario Gestión Urbana, donde trabaja en las líneas de investigación: gestión sustentable de servicios urbanos y valoración urbana.



Excepto que se establezca de otra forma, el contenido de este artículo cuenta con una licencia Creative Commons “reconocimiento, no comercial y sin obras derivadas”

Colombia 2.5, que puede consultarse en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/co/>

Referencias

- Antón, Danilo J. 1996. *Ciudades sedentas: agua y ambientes urbanos en América Latina*. Montevideo: Nordan Comunidad.
- Brooks, David. 2006. An Operational Definition of Water Demand Management. *International Journal of Water Resources Development* 22 (4): 521-528.
- Burn, L. Stewart, Dhammadika De Silva y R. J. Shipton. 2002. Effect of Demand Management and System Operation on Potable Water Infrastructure Costs. *Urban Water* 4 (3): 229-236.
- Cabrera, Enrique. 2008. El suministro de agua en España. Informe del *Panel científico técnico de seguimiento de política de aguas*, 1-19, 24 de enero de 2008. Sevilla: Universidad de Sevilla-Ministerio de Medio Ambiente.
- Comisión Estatal del Agua (CEA). 2008. *Estadísticas del agua en el Estado de Sonora*. www.ceasonora.gob.mx (consultado en agosto del 2012).
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2010. *Estadísticas del agua en México*. México: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Dube, Emmanuel y Pieter van der Zaag. 2003. Analysing Water use Patterns for Demand Management: the Case of the City of Masvingo, Zimbabwe. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C* 28 (20-27): 805-815.
- Durga Rao, K. H. V. 2005. Multi-criteria Spatial Decision Analysis for Forecasting Urban Water Requirements: A Case Study of Dehradun City, India. *Land Scape and Urban Planning* 71 (2-4): 163-174. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204604000532> (consultado en agosto del 2012).
- Instituto Catastral y Registral del Estado de Sonora (ICRESON). 2010. *Bases de datos de la mancha urbana de Hermosillo*. <http://www.icreson.gob.mx/> (consultado en julio del 2012).
- Instituto Municipal de Planeación (IMPLAN). 2007. *Programa de desarrollo urbano de la ciudad de Hermosillo, Sonora*. <http://www.implanhermosillo.gob.mx/pdu.html> (consultado en agosto del 2012).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2005. *II conteo de población y vivienda 2005*. <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2005/Default.aspx> (consultado en junio del 2012).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2010a. *Censo de población y vivienda 2010*. <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2010/Default.aspx> (consultado en junio del 2012).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2010b. *Síntesis de información geográfica del estado y censo poblacional*. <http://www3.inegi.org.mx> (consultado en junio del 2012).
- Jia, Lua y Jean-Michael Guldmann. 2012. Landscape Ecology, Land-use Structure, and Population Density: Case of the Columbus Metropolitan Area. *Landscape and Urban Planning* 105:74-85.
- Manzungu, Emmanuel y Rose Machiridza. 2005. An Analysis of Water Consumption and Prospects for Implementing Water Demand Management at Household Level in the City of Harare, Zimbabwe. *Physics and Chemistry of the Earth* 30 (11-16): 925-934.
- Ojeda de la Cruz, Arturo. 2011. Una aproximación de los sistemas emergentes en la gestión del agua doméstica urbana, caso: Hermosillo, Sonora. *EPISTEMUS* 5 (10): 67-73.
- Organismo Operador de Agua de Hermosillo (AGUAH). 2011. *Agua de Hermosillo: diversos datos para el estudio*. <http://www.aguadehermosillo.gob.mx> (consultado en agosto del 2012).
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). 2009. *The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World*; Paris. Londres: UNESCO. <http://publishing.unesco.org> (consultado en agosto del 2011).
- Pahl-Wostl, Claudia. 2007. The Implications of Complexity for Integrated Resources Management. *Environmental Modelling and Software* 22 (5): 561-569.
- Pineda Pablos, Nicolás. 2006. *Dar de beber a Hermosillo: en la gestión del agua urbana en México*. Guadalajara: Universidad de Guadalajara.
- Saurí, David y Sergi Cantó. 2008. Integración de políticas sectoriales: agua y urbanismo. Informe del *Panel científico técnico de seguimiento de la política de aguas*. Sevilla: Universidad de Sevilla-Ministerio de Medio Ambiente.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2008. *Informe sobre la situación del medio ambiente en México: Compendio de estadísticas ambientales*, capítulo 6: Agua. México: SEMARNAT.
- Shandas, Vivek y G. Hossein Parandvash. 2009. Integrating Urban Form and Demographics in Water-demand Management: An Empirical Case Study of Portland, Oregon. *Environment and Planning B: Planning and Design* 37 (1): 1-18.
- Troy, Patrick y Darren Holloway. 2004. The Use of Residential Water Consumption as an Urban Planning Tool: A Pilot Study in Adelaide. *Journal of Environmental Planning and Management* 47 (1): 97-114.