

# Hermosillo, ciudad sin agua para crecer. Vulnerabilidad hídrica y retos frente al cambio climático

By Nicolás Pineda-Pablos, Christopher A. Scott, Margaret Wilder, Alejandro Salazar-Adams, Rolando Díaz-Caravantes, Luis Brito, Christopher Watts, José Luis Moreno, Lucas Oroz, and Carolina Neri

## Resumen / Abstract

**Español/** Hermosillo, Sonora representa un caso ilustrativo de crecimiento urbano en un contexto de baja disponibilidad o disminución de agua, misma que tiende a agravarse por el cambio climático, además enfrenta retos importantes de vulnerabilidad social sin resolución. Este estudio analiza las dimensiones geográficas, hidro-climatológicas, sociales e institucionales de la expansión de Hermosillo en el pasado, presente y futuro. El cambio y la variabilidad climática aumentan las posibilidades de una crisis de acceso y distribución equitativa del agua en la ciudad. La capacidad institucional para abordar la vulnerabilidad es incipiente y, como en gran parte de México, hay grandes expectativas de que la infraestructura resuelva la crisis. Sin embargo, los conflictos urbano-rurales por la tierra y el agua, la vulnerabilidad social extrema de ciertos grupos sociales, la diversa capacidad adaptativa producto de la desigualdad socioeconómica, y la rápida rotación del personal profesional responsable de la prestación de servicios, planificación y respuesta a emergencias se combinan para presentar un continuo desafío para la seguridad hídrica en Hermosillo.

**English/** Hermosillo, Sonora represents an illustrative case of urban growth in the context of fixed or declining water resources availability, exacerbated by climate change, and with important but unresolved challenges of social vulnerability. This study reviews the geographical, hydro-climatological, social and institutional dimensions of Hermosillo's expansion – past, present, and future. Climate change and variability accentuate a growing crisis of water access and equitable distribution for the city. Institutional capacity to address vulnerability is nascent and, as in much of Mexico, there are heightened expectations that infrastructure solutions will resolve the crisis. However, urban-rural conflicts over land and water, extreme social vulnerability of certain social groups, varying adaptation capacity resulting from socio-economic disparity, and rapid turnover of professional staff responsible for service provision, planning and emergency response – all combine to present continued challenges for water security in Hermosillo.

### A. Introducción al estudio

La ciudad de Hermosillo está ubicada en una región semiárida en el estado de Sonora. En la primera década del siglo XXI, la ciudad cuenta con 715,000 habitantes (INEGI 2011), una tasa de crecimiento anual de 2.5 por ciento, muy superior a la tasa estatal de 1.8 por ciento (que incluye a Hermosillo) y a la nacional de 1.4 por ciento, y se ha convertido en uno de los centros económicos más importantes del Noroeste de México. Si se toman en cuenta las inversiones públicas y privadas que se están haciendo en la ciudad, todo parece augurar que ese crecimiento no sólo se va a sostener sino que incluso pudiera incrementarse.

Estos datos se vuelven preocupantes cuando se contrastan con la baja disponibilidad de agua para la ciudad (Scott and Pineda 2011). Hay diversas señales que muestran que el agua disponible para la ciudad ha estado disminuyendo en términos relativos y, lo que es peor, en términos absolutos. En 1998, la ciudad vio secarse la presa que le suministraba de líquido; posteriormente los pozos de agua del oriente de la ciudad se han estado abatiendo y durante esta década los administradores del agua han enfrentado serias dificultades para mantener el suministro de agua durante los meses del estío veraniego. Esto sólo se ha logrado por medio del sistema de racionamiento conocido como tandeo.

#### ***Preguntas de investigación***

Con este telón de fondo, planteamos las siguientes preguntas incorporadas en el proyecto de investigación apoyado por la NOAA, *Moving Forward*:

- ¿Cómo se define la vulnerabilidad urbana del sector agua en Hermosillo?
- ¿Cuál es la capacidad institucional de Hermosillo para desarrollar estrategias de adaptación para la gestión del agua en un horizonte de 5 a 20+ años?
- ¿Cómo puede ser institucionalizada en Hermosillo la capacidad de los administradores del agua y los planificadores de la preparación a utilizar la ciencia del clima y la información? ¿Y cómo pueden hacerlo de manera que se mejore la capacidad de tomar de decisiones para adaptar?
- ¿De qué manera la resiliencia de los recursos hídricos en Hermosillo ante las condiciones climáticas (incluyendo la incertidumbre) puede ser mejorada a través de la integración de la ciencia e información climática en los procesos de planificación?

#### ***Metodología del estudio***

Este estudio es resultado del trabajo colectivo de un equipo binacional de investigadores coordinado por Robert Varady y Margaret Wilder (proyectos NOAA SARP y CLIMAS), y de Christopher Scott (proyecto IAI) de la Universidad de Arizona (ver sección de Introducción al Proyecto, arriba). El estudio de caso de la ciudad de Hermosillo fue coordinado por Nicolás Pineda del El Colegio de Sonora. Además participaron investigadores que aparecen como coautores incluso otros investigadores y algunos funcionarios de entidades gubernamentales. En general, este estudio es resultado de un largo proceso de observación directa, recopilación de información publicada, consultas, entrevistas y seguimiento de prensa sobre la gestión del agua en Hermosillo. Los métodos de investigación utilizados para el análisis de la vulnerabilidad del manejo del agua ante la variabilidad climática y el cambio climático fueron: revisión de literatura y análisis de contenido de los reportes e información publicada por el organismo de agua, Agua de Hermosillo, seguimiento de indicadores y datos publicados por la Comisión Estatal del Agua de Sonora y la Comisión Nacional del Agua, seguimiento cotidiano de notas

de prensa relacionadas con la operación de las obras de infraestructura, así como pláticas, consultas personales y participación conjunta con las autoridades hidráulicas locales en los talleres realizados los días: 8 de noviembre de 2008 en Hermosillo, Sonora; 22 de julio de 2009 en Jiutepec, Morelos; 2 de octubre de 2009 en Puerto Peñasco, Sonora; 7 de mayo de 2010 en Hermosillo, Sonora y 1 de marzo de 2011 en Los Cabos, Baja California Sur. Además, para la realización de este estudio de caso, el coordinador realizó un panel de discusión el 17 de noviembre de 2010 para intercambiar puntos de vista sobre la situación del agua en Hermosillo; en este panel participaron representantes de Agua de Hermosillo, la Comisión Estatal del Agua de Sonora, la Comisión Nacional del Agua y expertos de la sociedad civil y académicos estudiosos del tema.

Hay que aclarar que los temas que abarca este estudio son bastante amplios y no se cubren en su totalidad con la información aquí presentada. Quedan por lo tanto muchas lagunas de información y aspectos que pueden ser materia de estudios posteriores con un mayor nivel de profundidad. Por otra parte, no se excluye que existan carencias de información o que la información disponible no siempre sea sistemática, confiable o congruente entre sí.

En general, este trabajo busca reunir la información disponible con la finalidad de presentar una síntesis e identificar áreas de vulnerabilidad relacionadas con el manejo del agua y la variabilidad climática en Hermosillo.

El marco teórico conceptual de este estudio gira en torno a la vulnerabilidad climática urbana y las estrategias de adaptación (Wilder et al. 2010). La vulnerabilidad es definida como la disponibilidad insuficiente de recursos socioeconómicos para enfrentar la amenaza de un clima más caliente y árido o bien un acceso desigual o diferenciado a los medios para hacerle frente al clima más caliente y árido (vea la Introducción al Proyecto, arriba, para mayor detalle).

## **B. Antecedentes: Hermosillo y la modesta cuenca del Río Sonora**

La ciudad de Hermosillo se ubica en la parte media de la cuenca del río Sonora (Figura 5-1) a una elevación de 210 metros sobre el nivel del mar. La ciudad fue fundada como presidio militar en el año 1700 y su ubicación obedece a que ese era el último lugar con agua superficial disponible de manera permanente desde el cual se podía vigilar y combatir a los indios Seris rebeldes en esa época (Molina Molina 1983).

En el siglo XVIII, el misionero jesuita Juan Nentuig, en su descripción geográfica de la región, registraba que las aguas de los ríos Sonora y su afluente el San Miguel riegan las tierras y viñas de Pitic (antiguo nombre de Hermosillo) y ahí se acababa su corto caudal; sólo en los años de lluvias copiosas, las aguas llegaban hasta los siete cerritos ya que todo se pierde en los arenales y no llega una sola gota al mar (Nentuig 1977).

En 1865, el Capitán Guillet del ejército francés describe así el río Sonora:

El río Sonora corre de noroeste a suroeste, irrigando Arizpe, Ures y Hermosillo y se pierde en la arena antes de llegar al mar. Recibe a la derecha el río San Miguel, torrente insignificante durante casi todo el año. El Sonora es un río muy encajonado en la parte superior de su curso, se ensancha considerablemente al desembocar en la planicie de Ures [y] en Hermosillo tiene más de 400 m. de ancho; pero a partir de Ures sus aguas se pierden poco a poco en la arena y

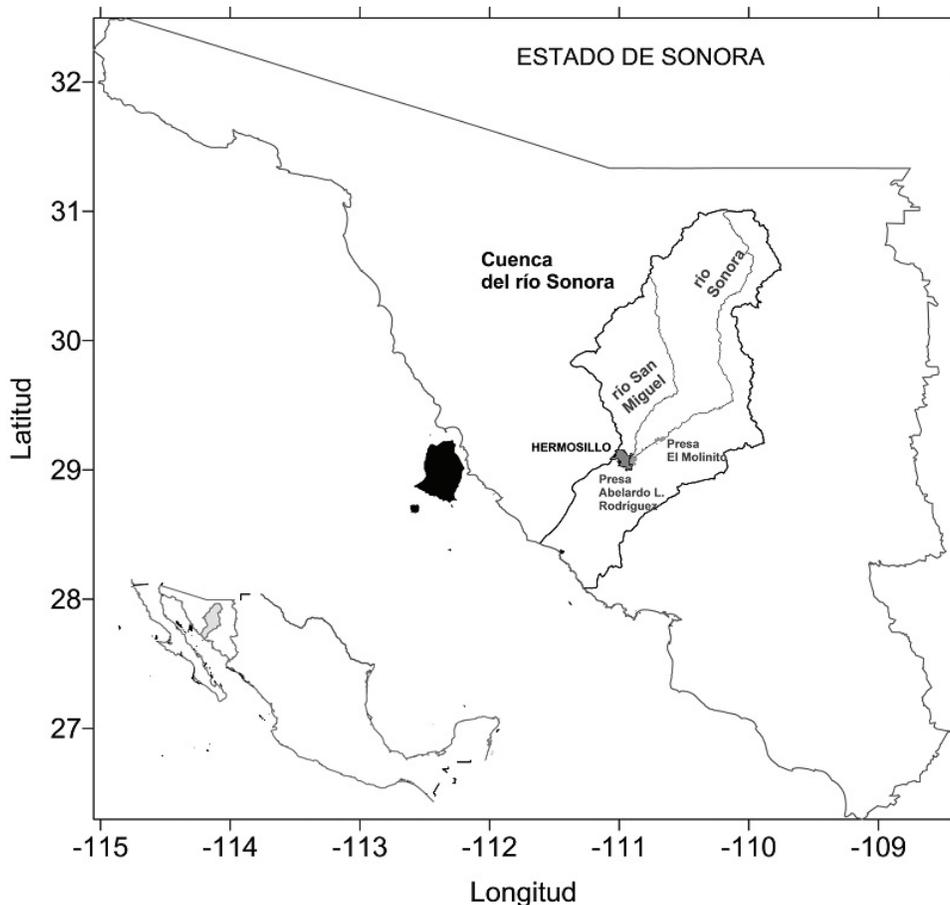
## Moving Forward from Vulnerability to Adaptation

no conserva sino pocas gotas al llegar a Hermosillo, a no ser en época de grandes lluvias. Esto dura solo unos días y desde septiembre el río retoma sus proporciones normales. (Larios Gaxiola 2010)

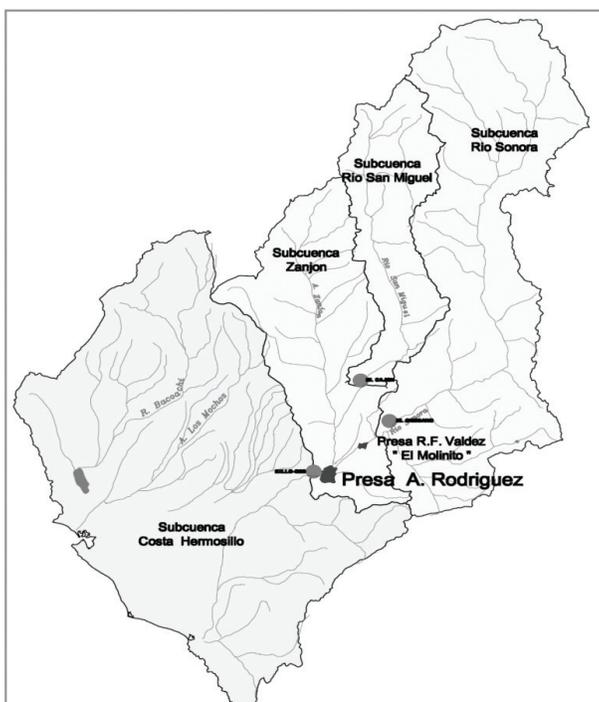
El río Sonora nace al norte del estado de Sonora en el municipio de Cananea y tiene una amplia cuenca de 21,200 km<sup>2</sup> (Cotler, Garrido, Mondragón, and Diaz 2007). La ciudad divide a la cuenca del río Sonora en dos, la parte alta y la baja. Hacia el oriente y el norte de la ciudad de Hermosillo, el río Sonora recibe como tributarios a los ríos San Miguel y Zanjón. Es una corriente criptorréica porque su escurrimiento desaparece en el acuífero de la Costa de Hermosillo en la parte baja de la cuenca y normalmente no llega al mar (Tamayo 2009:287).

El río Sonora es de régimen intermitente pues al final del período de estiaje deja de escurrir superficialmente. El gasto máximo instantáneo registrado es de 955 m<sup>3</sup>/seg y el mínimo es 0.0 durante el período de estiaje cuando el cauce de la corriente se seca. El volumen medio anual escurrido es de 98.7 Mm<sup>3</sup>, con un máximo de 270.6 Mm<sup>3</sup>/año y un mínimo de 16.6 Mm<sup>3</sup>/año. El volumen anual escurrido muestra una alta variabilidad con un coeficiente de variación de 0.57 (CONAGUA 2009:10).

Un dato interesante es que el volumen medio anual escurrido equivale al consumo total de la ciudad de Hermosillo en el año 2009. Es decir que la sola ciudad es capaz de consumir el escurrimiento superficial promedio anual y excluir al resto de los consumidores de agua de la cuenca.

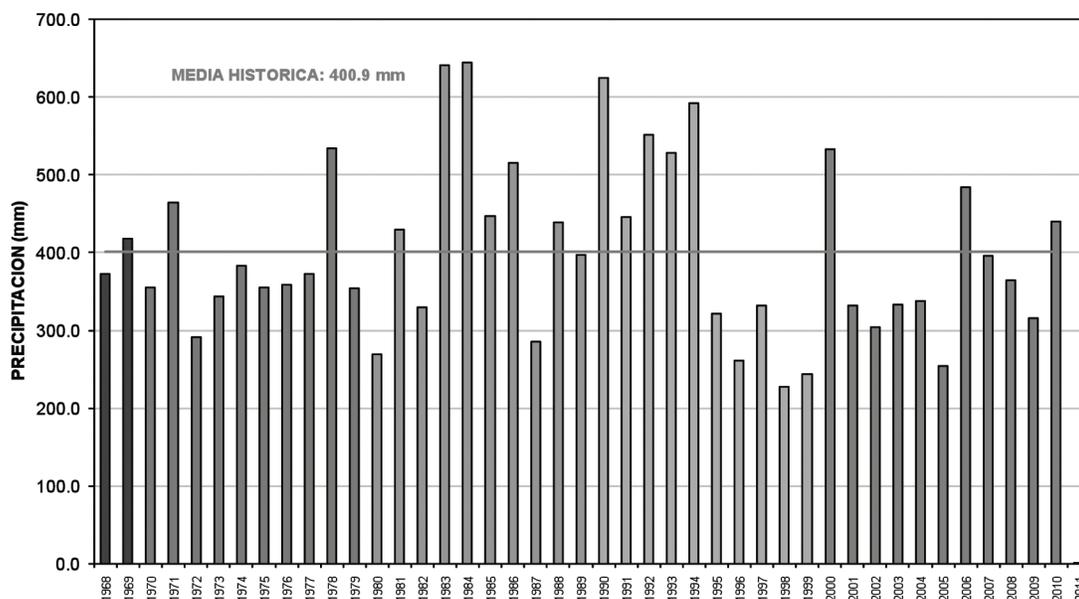


**Figura 5-1. Localización de la cuenca del río Sonora y de la ciudad de Hermosillo.** Fuente: Mapa elaborado por Luis Brito 2010.



**Figura 5-2. División de la cuenca alta y baja del río Sonora-Hermosillo.** Fuente: Lucas Oroz 2010. Foro “Va a haber agua el próximo verano.” El Colegio de Sonora 17 nov. 2011, Hermosillo, Son.

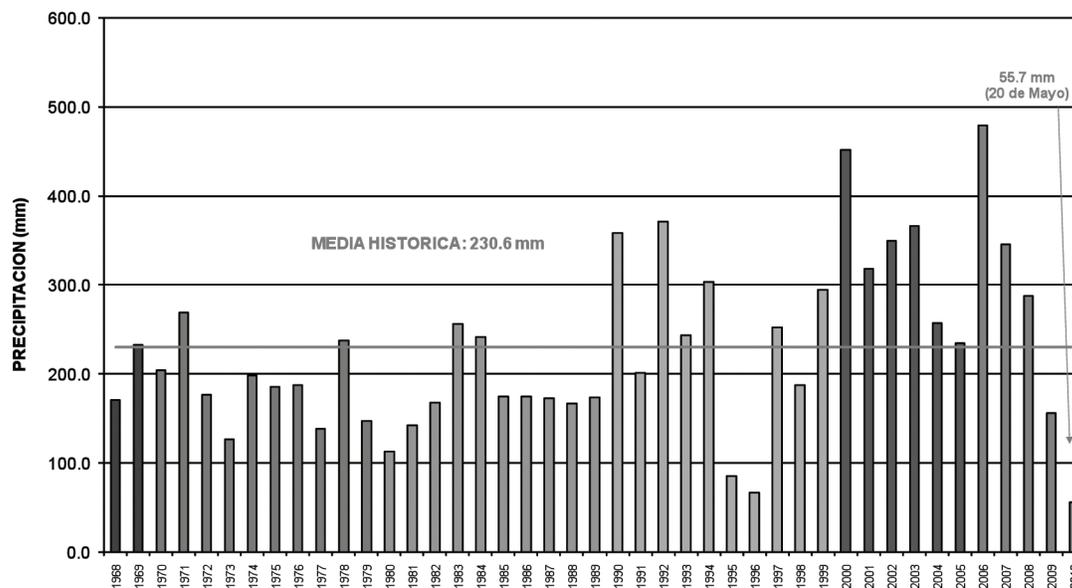
En la estación climatológica de la Presa Abelardo L. Rodríguez se registra una precipitación media anual de 273 mm y una temperatura media anual de 24.2°C (CONAGUA 2009:9). Sin embargo, en la parte alta de la cuenca el promedio histórico de precipitación ha sido de 401 mm por año durante el período de 1968 a 2010.



**Figura 5-3. Precipitación en la parte alta de la cuenca del Río Sonora hasta 2010.** Fuente: Organismo de Cuenca del Noroeste, CONAGUA 2011.

## Moving Forward from Vulnerability to Adaptation

Por otra parte, en la parte baja de la cuenca, que corresponde a la parte más árida y donde se ubica el distrito de riego (con agua subterránea) de la Costa de Hermosillo, el promedio histórico de precipitación es de sólo 230 mm por año.



**Figura 5-4. Precipitación histórica de la cuenca baja del río Sonora.** Fuente: Organismo de Cuenca del Noroeste, CONAGUA 2011.

Analizando el comportamiento de las precipitaciones durante los últimos cincuenta años, se observa la ocurrencia de períodos de humedad y de sequía. Con base en el índice estandarizado de precipitación (SPI por sus siglas en inglés, ver Figura 5-5) se pueden observar distintos periodos de sequías prolongadas propias de una región árida. El periodo de sequía más reciente se presentó a mediados de la década de los noventa y duró aproximadamente hasta el año 2010.

Considerando las distintas cantidades de lluvia a lo largo de la cuenca y la disponibilidad de agua que ésta tiene, donde el promedio de escurrimiento superficial corresponde aproximadamente al consumo total de la ciudad de Hermosillo en el año 2009, la pregunta es si el manejo adecuado de la cuenca podrá sostener el crecimiento previsto para la ciudad sin eliminar los otros usos agrícolas e industriales. Más aún, sabiendo que las previsiones futuras no pueden hacerse en base a promedios, sino que se deben de tomar en cuenta los períodos de sequía, ¿cómo puede adaptarse y planearse el consumo urbano de agua en caso de que, de acuerdo con los escenarios de cambio climático, hubiera una sequía de mayores proporciones que las padecidas en años anteriores? ¿Hasta qué grado el desarrollo urbano y económico de Hermosillo puede sustentarse en el volumen de agua almacenado en los acuíferos?

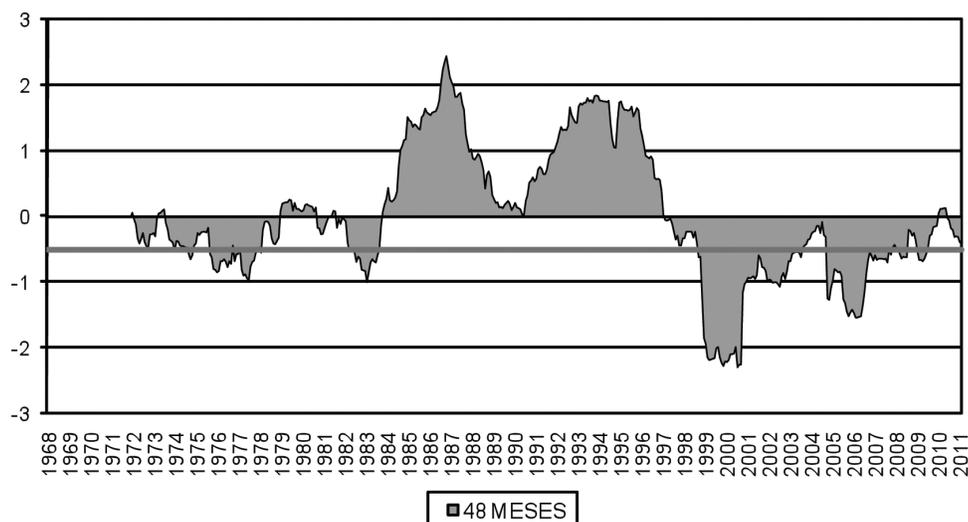
La población de Hermosillo y sus alrededores se ha beneficiado significativamente del río Sonora. Sin embargo, esto se ha hecho a base de grandes costos y pérdidas para el medio ambiente. Según lo plantean Postel y Richter, los ríos en su estado natural llevan a cabo una miríada de funciones tales como purificar el agua, moderar las inundaciones y las sequías, y mantener el hábitat de peces, pájaros y la vida silvestre. Desde una perspectiva estrictamente humana, los ríos sanos desarrollan numerosos “servicios ecológicos”: absorben contaminantes, descomponen los desechos y limpian y purifican el agua. Los ríos, humedales y otros ecosistemas de agua dulce constituyen la “infraestructura natural”

que sustenta la economía. Los ríos hacen esto de manera gratuita. Sin embargo, en menos de un siglo, las sociedades han alterado los ríos de manera que ya no desarrollan de manera adecuada muchas de los servicios ecológicos de los que dependen las sociedades humanas. El control de los ríos para la explotación económica está trayendo más daños que beneficios. No obstante, la mayoría del daño no se reconoce ni se evalúa y queda fuera de las ecuaciones de costo beneficio. El reto para el siglo XXI, es mejorar el equilibrio entre las demandas humanas y las necesidades de agua del mismo río. Para enfrentar este reto, se requiere un nuevo enfoque para valorar y manejar los servicios que prestan los ríos (Postel and Richter 2003:2-4).

## C. Variabilidad climática, cambio climático y sus impactos en Hermosillo

En verano, el clima de la región noroeste de México se rige por el fenómeno conocido como el Monzón de América del Norte. Este fenómeno incluye al Noroeste de México y al Suroeste de los Estados Unidos y se refiere a la alternancia de las estaciones de lluvia y secas, cada una con un patrón distinto en la dirección de los vientos prevaecientes (Gochis 2009). Mientras que en invierno, algunos frentes fríos llegan a producir lluvias y nevadas en las partes altas del estado. El mecanismo modulador de las lluvias de invierno es el conocido fenómeno El Niño, que resulta en una tendencia a mayores lluvias invernales, mientras que La Niña lleva a disminución de la precipitación invernal. No es claro qué modula las lluvias de verano. Aparentemente, El Niño no tiene gran influencia sobre las tormentas del Monzón de América del Norte, por lo que la predecibilidad del clima en esta región es baja (INE-U.S.EPA 2004).

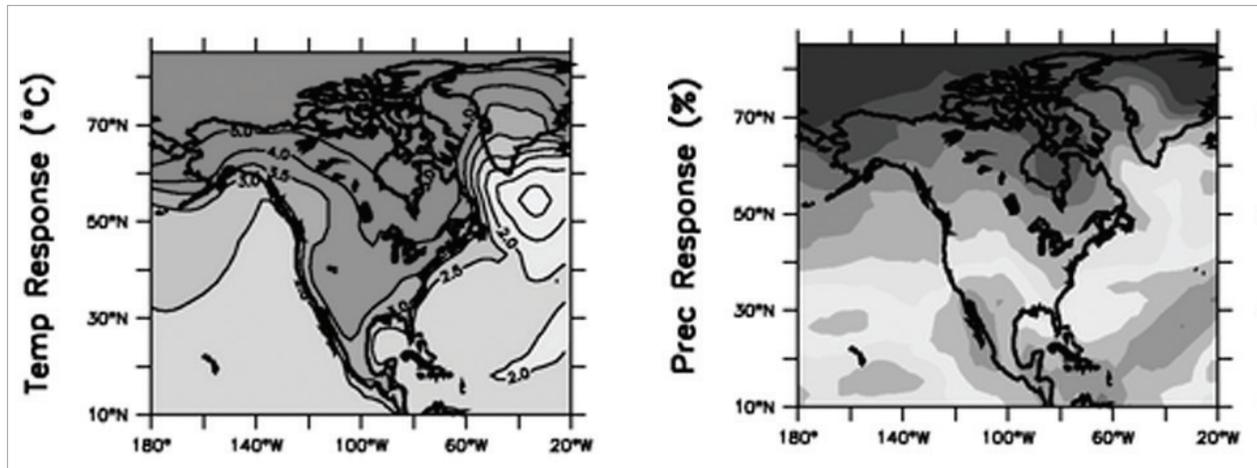
En el caso de Sonora, las lluvias estacionales exhiben una marcada variabilidad interanual, por lo que en ciertos años las lluvias pueden alcanzar los 600 mm en un año mientras que en otros difícilmente alcanzan los 200 mm. La gráfica del análisis del SPI (ver Figura 5-5) muestra la importancia de la variación decadal (o por décadas) en los períodos de humedad y de sequía. Con base en estos antecedentes, se espera que en el futuro continuará la alternancia de períodos de humedad y de sequía al menos similares a los que se han experimentado en el pasado.



**Figura 5-5. Índice Estandarizado de Precipitación (SPI, por sus siglas en inglés): períodos de humedad y sequía en la cuenca del río Sonora.** Fuente: Organismo de Cuenca del Noroeste, CONAGUA 2011.

## Moving Forward from Vulnerability to Adaptation

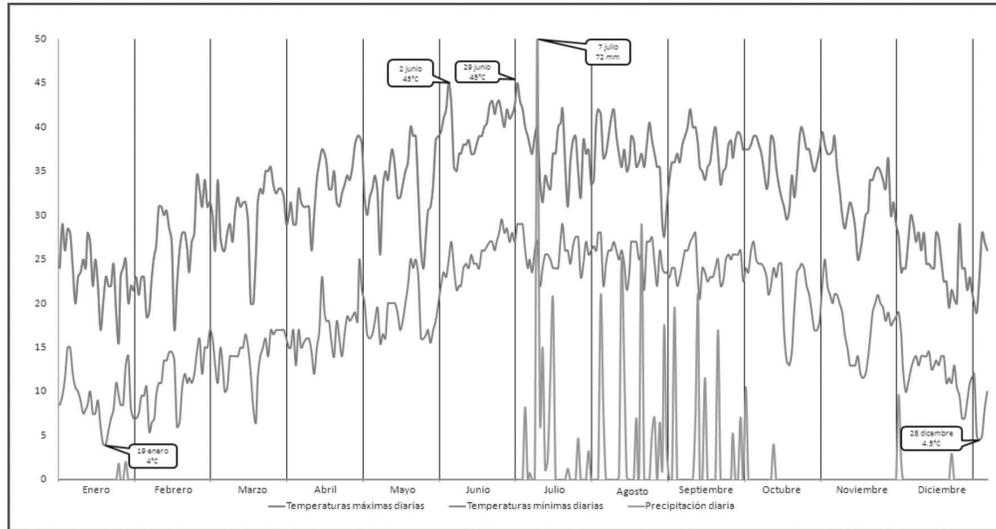
Por otra parte, los escenarios de cambio climático elaborados por el IPCC (2007) señalan que en esta región habrá un incremento significativo de la temperatura promedio y que hacia fines del siglo XXI podría incrementarse hasta 4° C. De acuerdo con el escenario A1B, hay una alta probabilidad de que la precipitación promedio se reduzca hasta en un 15 por ciento. En resumen, el clima de la región podrá ser más caliente y más seco (IPCC 2007) (ver Figura 5-6). Sin embargo, se deben considerar los resultados de otros escenarios para la región, los cuales indican que la precipitación podría incrementarse dependiendo del comportamiento del Monzón y los ciclones en el Pacífico Oriental, en estos casos es muy probable que la tendencia sea hacia un aumento de las precipitaciones extremas asociadas a estos fenómenos (Cavazos et al. 2008).



**Figura 5-6. Escenarios del cambio de temperatura y precipitación hacia fines del siglo XXI en América del Norte, escenario A1B.** Fuente: IPCC 2007, 4th Assessment: Working Group I, Chapter 11, Regional Projections.

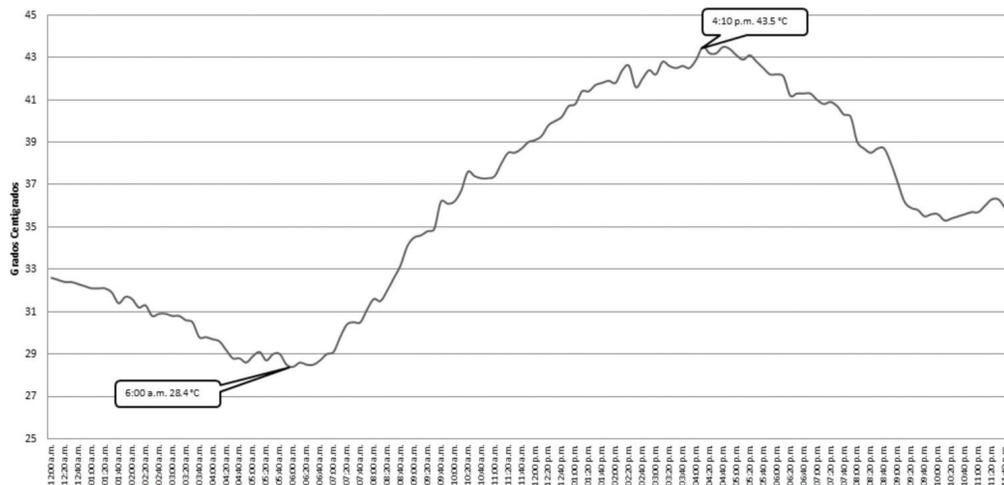
De acuerdo a estos estudios científicos, hay un alto grado de probabilidad de que las temperaturas promedio de Hermosillo se incrementarán entre 1.5 y 2° C para mediados de este siglo y que habrá un descenso relativo en la precipitación. Más que el incremento de la temperatura, es importante considerar la variabilidad de la precipitación (láminas e intensidades pluviales esperadas durante el monzón de verano versus en invierno cuando hay una mayor recarga en los acuíferos) y los posibles cambios en las temperaturas extremas. De esta manera, si el promedio anual de la temperatura de Hermosillo es de 25.1° C, con temperaturas mínimas promedio de 3.5° C en el mes de diciembre y temperaturas máximas promedio de 45° C (Gobierno Municipal de Hermosillo 2006), se puede esperar que en un futuro cercano las temperaturas promedio, mínimas y máximas de Hermosillo se elevarán en la misma proporción.

La Figura 5-7 muestra el comportamiento de las temperaturas máximas y mínimas durante el año 2008 de acuerdo a la estación meteorológica de la CONAGUA ubicada centro de la ciudad de Hermosillo, mismo que indica el fenómeno de isla de calor. Dicha gráfica muestra la evolución y los registros de las temperaturas máximas (color rojo) que alcanzaron 45° C los días 2 y 29 de junio de ese año. La gráfica también muestra el comportamiento de las temperaturas mínimas (color azul) y se aprecia que la temperatura mínima más extrema se registró de 4° C el 19 de enero. Por otra parte, las líneas en color verde representan los días en que hubo precipitaciones, con excepción de la precipitación más extrema de 72 mm registrada el 7 de julio (en la gráfica solamente aparecen los primeros 50 mm).



**Figura 5-7. Temperaturas máximas y mínimas, y la precipitación en el año 2008.** Fuente: Datos del Observatorio Meteorológico ID. 76160 (Hermosillo) de la CONAGUA.

La Figura 5-8, por su parte, muestra el comportamiento de la temperatura del 29 de junio, uno de los días más calurosos del año 2008 de acuerdo a la información proporcionada por la estación meteorológica de la CEA, ubicada en la azotea del edificio de esa misma institución en el centro de la ciudad de Hermosillo, a tres cuadras del Palacio de Gobierno. Ahí se registra la evolución de la temperatura por períodos de 20 minutos y se aprecia que la temperatura más baja se registró a las 6:00 a.m. y fue de 28.4° C. A partir de esa hora, el ascenso de la temperatura es constante hasta alcanzar el pico máximo a las 4:10 p.m. cuando se alcanza un registro de 43.5° C. A partir de esa hora la temperatura desciende casi hasta los 35° C a la media noche.



**Figura 5-8. Comportamiento de la temperatura el día 29 de junio de 2008.** Fuente: Estación meteorológica de la Comisión Estatal del Agua de Sonora.

De acuerdo a la base de datos de la CONAGUA, en el período de 1961 a 2008 la temperatura más alta registrada en Hermosillo fue de 47.5° C alcanzada el 23 de junio de 1998. Mientras que las temperaturas más bajas se registraron los días 5 y 7 de enero de 1971 y fueron de -3.0° C (Barrón 2009), siendo la oscilación máxima de las temperaturas de 50° C.

## Moving Forward from Vulnerability to Adaptation

Tomando en cuenta las previsiones de los escenarios de cambio climático, aún considerando la incertidumbre, la temperatura promedio de Hermosillo podría incrementarse a 27° C para mediados de este siglo XXI. Así mismo, asumiendo el mismo grado de incertidumbre, las temperaturas máximas extremas del verano podrían incrementarse hasta 49° C. Sin embargo, si se considera que la variabilidad (o en términos del coeficiente de variación) también está cambiando, hay una alta probabilidad de que las temperaturas máximas lleguen incluso más allá de los 49° C.

Entre los indicios de incremento en los días de calor que se han estado percibiendo en Hermosillo, está que en los últimos años se han estado rompiendo las marcas que se tenían establecidos en los registros históricos de temperaturas que lleva la CONAGUA. Así por ejemplo, el 16 de marzo de 2007 el termómetro de Hermosillo alcanzó la marca de 41.5° C, cuando anteriormente la marca era que dicho nivel de temperatura no se alcanzaba sino hasta a partir del 21 de marzo de acuerdo al registro establecido en 2004. Por otra parte, el 27 de octubre de 2008 el termómetro alcanzó una temperatura de 40.5° C con lo cual se rompió la marca que estaba establecida de que la fecha más tardía para esta temperatura era el 20 de octubre. Así, en Hermosillo se puede alcanzar una temperatura igual o mayor a los 40° C durante 226 de los 365 días del año (Barrón 2009).

**Cuadro 5-1. Registros de temperaturas extremas en Hermosillo 1965-2008.** Fuente: Barrón 2009.

	Marca anterior	Nueva marca
Fecha más temprana en que se alcanzan los 40°C	21 marzo (2004)	16 marzo (2007)
Fecha más tardía en que se alcanzan los 40°C	20 octubre (1995)	27 octubre (2008)
Fecha más temprana en que se alcanzan los 45°C	01 junio (1969)	11 mayo (1996)
Fecha más tardía en que se alcanzan los 45°C	09 septiembre (1969)	21 septiembre (1982)

Sobre estos datos hay que señalar por un lado que la base de datos históricos de temperaturas abarca un período demasiado corto para poder establecer sus parámetros y, por lo tanto, puede ser normal que se sigan rompiendo marcas. Además, estas nuevas marcas pueden deberse también al efecto conocido como “islas urbanas de calor” que resulta del crecimiento de la mancha urbana, del aumento de la superficie pavimentada y del mayor uso del cemento en las construcciones (Gartland 2008). Sin embargo, los datos presentados no dejan de ser un indicador que hay que tomar en cuenta en la planeación urbana y las medidas de adaptación al cambio climático que deberán adoptarse.

Con respecto a las tendencias en las temperaturas máximas y mínimas, los estudios realizados por Brito-Castillo, Crimmins y Diaz C. (2010:82) señalan que en el desierto de Sonora a inicios de 1900 las heladas severas ocurrían cada dos a tres años. Esta frecuencia se redujo durante el siglo XX a tal punto que a fines de siglo las heladas ocurren cada dos décadas o más, con lo que se incrementó la temporada libre de heladas y disminuyeron los días con temperaturas inferiores a 0° C. Por otro lado, las temperaturas máximas se están incrementando a un ritmo más acelerado que las temperaturas mínimas, provocando que a partir de 1970 la tendencia en la oscilación térmica diurna, esto es la temperatura máxima menos la temperatura mínima en el día, sea positiva. No está claro todavía de qué manera ha contribuido el incremento de los gases de invernadero a este calentamiento regional pero se sugiere que los cambios en el uso del suelo, así como la degradación provocada por el sobrepastoreo, que reduce la cubierta vegetal y disminuye la transpiración, hacen que la temperatura

del suelo se eleve y se incremente el flujo de calor sensible en relación con el flujo de calor latente, lo que promueve el calentamiento de las temperaturas máximas e incrementa la oscilación térmica diaria (Gutiérrez-Ruacho et al. 2010).

En resumen, el clima de Hermosillo se define como de cálido-seco a desértico, con temperaturas altas en verano que superan los 45° C. Los períodos alternados de sequía y humedad van a continuar y probablemente, debido a la mayor variabilidad climática, en el futuro cercano se van a acentuar más los períodos de sequía y van a presentarse más días con altas temperaturas. Estas previsiones llevan a preguntar sobre las medidas que deben de tomarse, los cambios que deben de hacerse y la adaptación que debe de realizarse en general en la planeación urbana y en particular en la gestión del agua.

## **D. Población, instituciones e infraestructura hidráulica**

A fin de revisar la vulnerabilidad y deficiencia de la ciudad en cuestión de infraestructura hidráulica, haremos un breve repaso de la evolución de la población, las principales obras hidráulicas y las instituciones encargadas de la gestión del agua durante el período de 1948 a 2010.

El crecimiento de la población de Hermosillo ha ido aparejado a la construcción de infraestructura hidráulica y la creación de instituciones que han impulsado el desarrollo de la ciudad. Su evolución se puede dividir en tres grandes períodos que son: el tiempo del pueblo sencillo, la ciudad de la presa Abelardo Rodríguez y la metropolización de la ciudad de Hermosillo.

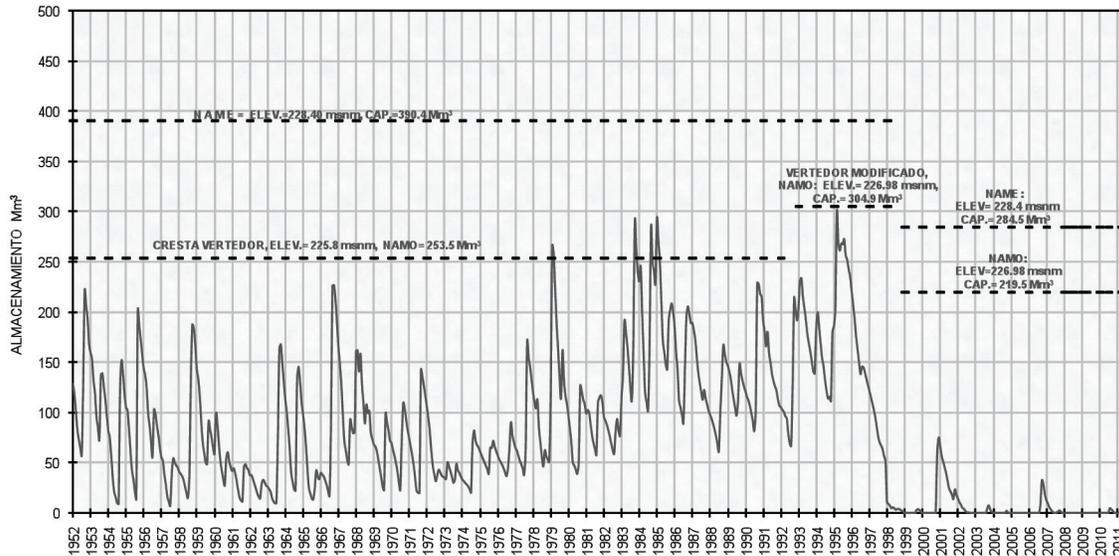
### ***El impulso urbano de la presa Abelardo L. Rodríguez 1948-1998***

El gran despegue urbano de Hermosillo vino con dos innovaciones en materia de recursos hídricos: una la construcción de la presa Abelardo L. Rodríguez concluida en 1948 y otra la introducción de las bombas eléctricas que permitieron la extracción de agua del subsuelo a mayor profundidad tanto en la ciudad como en la Costa de Hermosillo.

La presa ubicada justo al oriente de la ciudad, tenía una cortina de 1,440 metros de longitud, con una elevación de 27.60 metros. La longitud del vertedor de demasías es de 300 metros y la capacidad original de almacenamiento era de 250 millones de metros cúbicos (Sobarzo 1949). El proyecto inicial contempló el desarrollo agropecuario e industrial de la región. Éste incluyó la irrigación de 10,000 hectáreas de cultivo, así como el suministro de agua a la ciudad a través de pozos localizados aguas debajo de la cortina de la presa (Del Castillo Alarcón 1994:71).

Con base en esta nueva infraestructura, la capacidad instalada para el suministro de agua a la ciudad se elevó considerablemente y se abrieron nuevos horizontes de crecimiento y desarrollo. En esa época el servicio de agua potable era operado por la Junta Federal de Agua que era controlada por la Secretaría de Recursos Hidráulicos, una dependencia del gobierno federal. El panorama se veía muy alentador y parecía que se había superado definitivamente la barrera de la limitación hídrica. La ciudad, impulsada por las inversiones del gobierno y por la creciente ola de servicios, creció a un ritmo inusitado pasando de 43 mil habitantes en 1950, a 95 mil en 1960 y a 176 mil en 1970.

## Moving Forward from Vulnerability to Adaptation



**Figura 5-9. Almacenamiento de la presa Abelardo L. Rodríguez.** Fuente: Comisión Nacional del Agua, Organismo de Cuenca del Noroeste, gráfica proporcionada por José Arturo López Ibarra, abril 2011.

Para los años setenta, a fin de satisfacer la creciente demanda urbana de agua, el agua de la presa dejó de destinarse al riego agrícola y de huertas y comenzó a utilizarse para el abasto de agua a la ciudad. Un problema que se enfrentó para este cambio de uso fue el agua del embalse de la presa era contaminado por las granjas de puercos, los corrales de engorda de ganado, los desechos industriales y las descargas de aguas residuales de colonias aledañas que se desechaban en la presa. Para resolver esta problemática, además de tratar de controlar las actividades contaminantes, se construyeron tres plantas potabilizadoras de agua. La primera entró en operación en 1981 con una capacidad de 300 Lps; la segunda potabilizadora entró en operación en 1982 con una capacidad similar (Del Castillo Alarcón 1994:72-75). Más adelante se construiría una tercera planta. Los años ochenta fueron de lluvias abundantes, la presa estaba llena y se le agregaron refuerzos para aumentar su capacidad y al menos en un año el agua volvió a correr por el río, impidiendo el tráfico entre Villa de Seris y el centro de la ciudad. A fin de reducir la amenaza de inundaciones, el gobierno del estado construyó un canal revestido desde el vertedor de la presa Abelardo L. Rodríguez a lo largo del lecho del río hasta el poniente de la ciudad que permitía manejar y controlar los derrames de agua.

En 1980, el gobierno federal transfiere la responsabilidad del servicio de agua potable al gobierno del estado. De este modo, deja de operar la Junta de Agua y se crea primeramente el Sistema Estatal de Agua Potable que en 1984 se convierte en la Comisión Estatal de Agua Potable y Alcantarillado (COAPAES). De este modo, el servicio pasa a ser administrado por la administración estatal y comienza a ser parte de la agenda pública local.

El marcado crecimiento de la ciudad hizo que en 1986 se iniciara la construcción de 11 pozos profundos en el área conocida como La Victoria para la extracción de 1000 lps. Para 1987, la extracción se incrementó a 3,650 lps al entrar en operación los pozos de La Sauceda.

En 1989, a nivel federal, se crea la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) que, de manera centralizada, administra las presas y comienza en 1992 la transferencia de los distritos de riego a los usuarios. En Hermosillo este organismo federal opera por medio de una gerencia regional que posteriormente será denominada “Organismo de Cuenca del Noroeste”.

En 1990, la ciudad tenía 406,417 habitantes. Para contener las avenidas del río Sonora y aumentar la seguridad de la ciudad, en ese año, se construyó, a 26 kilómetros al oriente, la Presa El Molinito, llamada oficialmente Rodolfo Félix Valdés. Su capacidad inicial es de 150 Mm<sup>3</sup>. Ésta es una presa con basamento permeable en la que gran parte de su agua se infiltra al subsuelo y por lo tanto no sirve para almacenar agua. Su función es únicamente controlar las grandes avenidas y proteger a la ciudad (Contreras 2008).

En 1992 el servicio de agua potable de la ciudad consumió 94.9 millones de metros cúbicos de agua y en 1995 se llegaron a consumir 95.9 Mm<sup>3</sup> (CONAGUA 1994; CONAGUA 1997), que es el máximo consumo de agua que ha tenido la ciudad hasta 2010.

En la Costa de Hermosillo, en 1993 se crea la Asociación de Usuarios a fin de administrar el distrito de riego número 51 que le corresponde (Moreno Vázquez 2006:360; AUDR051). En esos mismos años, se incrementa considerablemente la agricultura aguas arriba del río San Miguel, en el Noreste y Norte de Hermosillo. Para el ciclo 1995-96 la superficie de siembra programada era de alrededor de 10 mil hectáreas, destacando los cultivos de vid de mesa, trigo, rye grass, granos forrajeros, hortalizas, naranja y nogal. Así, a los 577 pozos para uso agrícola ubicados aguas arriba, se le suman los 498 pozos de la Costa de Hermosillo y los 70 pozos de El Sahuaral ubicados aguas abajo, el total de pozos existentes en el área es de 1145 significando una extracción global aproximada de 740 Mm<sup>3</sup> en ese ciclo (Moreno Vázquez 2006:363-364).

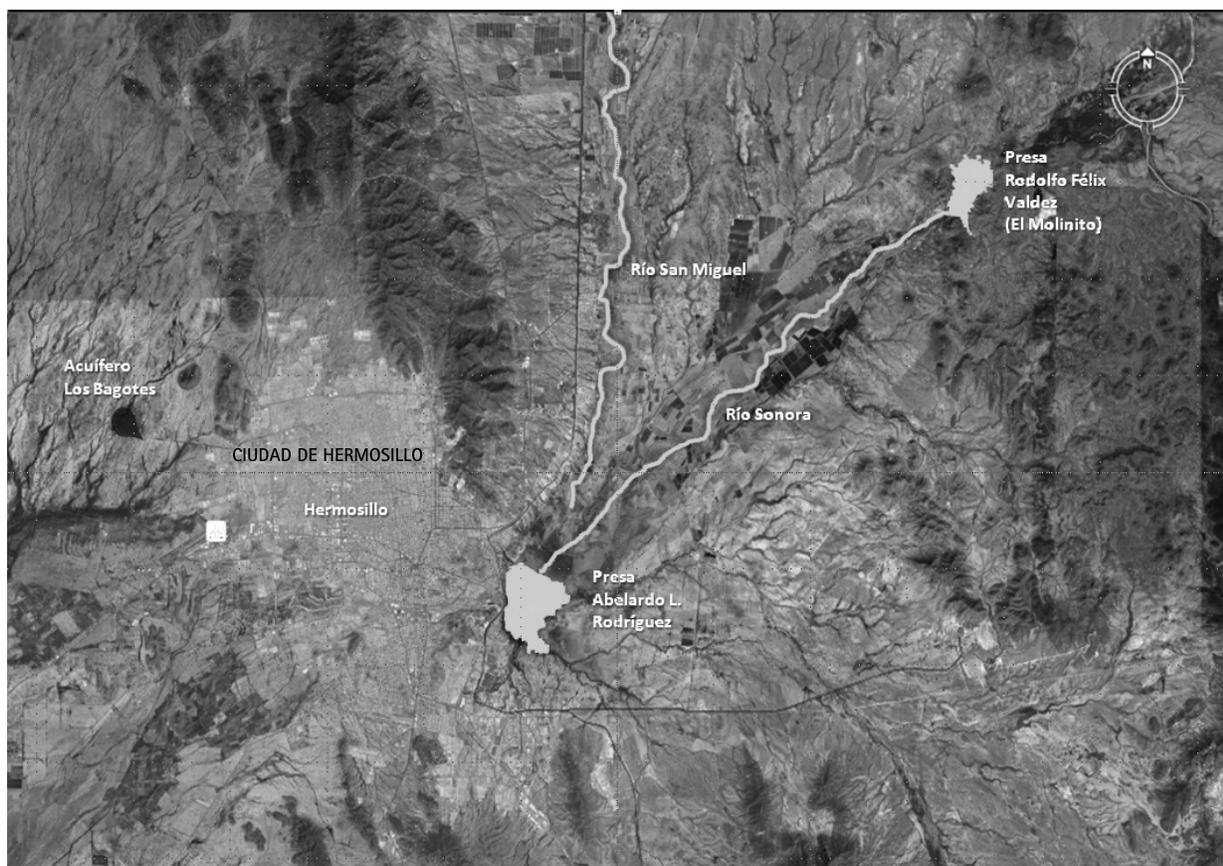
Para principios de la década del 2000, de acuerdo a estudios oficiales reportados por Moreno (2006), se aprecia que los cuatro acuíferos que circundan la ciudad (Zanjón, Sonora, San Miguel y La Costa) tenían una recarga anual agregada estimada en 446 Mm<sup>3</sup> anuales, mientras que el volumen concesionado agregado era de 690 Mm<sup>3</sup>. Hay entonces un déficit de 244 Mm<sup>3</sup> que estaban sobreconcesionados. Esta sobre explotación está fuertemente ligada con el suministro y régimen de tarifas de energía eléctrica (Scott and Pasqualetti 2010) y se acentúa aún más con el exceso de extracciones reales que se tiene en todos los acuíferos, excepto en el río Sonora en donde aparentemente no se extraía todo el volumen concesionado.

## Moving Forward from Vulnerability to Adaptation

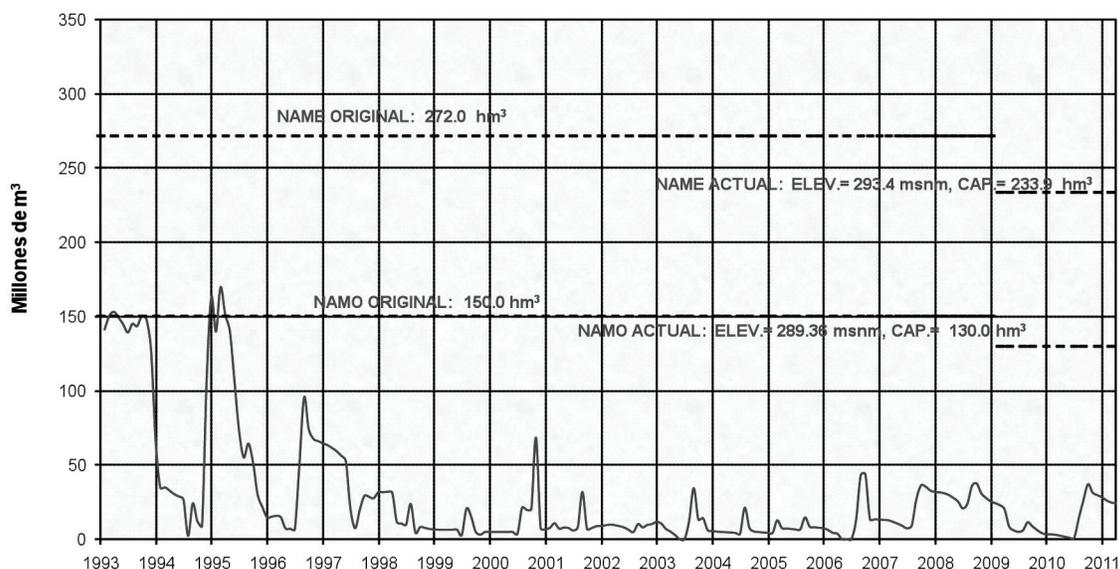
**Cuadro 5-2. Recarga y extracción en acuíferos de la cuenca del río Sonora (Mm<sup>3</sup>).** Fuente: Elaborada por Moreno 2006:395, con base en Diario Oficial de la Federación 2003, Acuerdo por el que se dan a conocer los límites de 188 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, los resultados de los estudios realizados para determinar su disponibilidad media anual de agua y sus planos de localización, México, 31 enero 2003.

Acuífero	Recarga	Volumen concesionado	Volumen de extracción (según estudios)	Déficit
Río Zanjón	77	90	109	-13
Río Sonora	67	115	57	-49
Río San Miguel	52	54	57	-1
Costa de Hermosillo	250	431	430	-181
Total	446	690	654	-244

Hay que señalar que éstos eran años de lluvias por arriba del promedio y todavía en 1994 se tuvo que desfogar agua de la presa Abelardo L. Rodríguez, a través del canal del vado del río, a fin de prevenir posibles avenidas debido a las lluvias. Sin embargo, esta situación cambiaría a partir de mediados de la década cuando comenzó un período de sequía en el que los anteriores volúmenes de extracción y de consumo empezaron a dar señales de abatimiento y crisis.



**Figura 5-10. Sistema de abasto de agua de la ciudad de Hermosillo.** Fuente: Elaboración propia con base en datos de Google Earth 2011.



**Figura 5-11. Almacenamiento de la presa El Molinito.** Fuente: Comisión Nacional del Agua, Organismo de Cuenca del Noroeste, gráfica proporcionada por José Arturo López Ibarra, abril 2011.

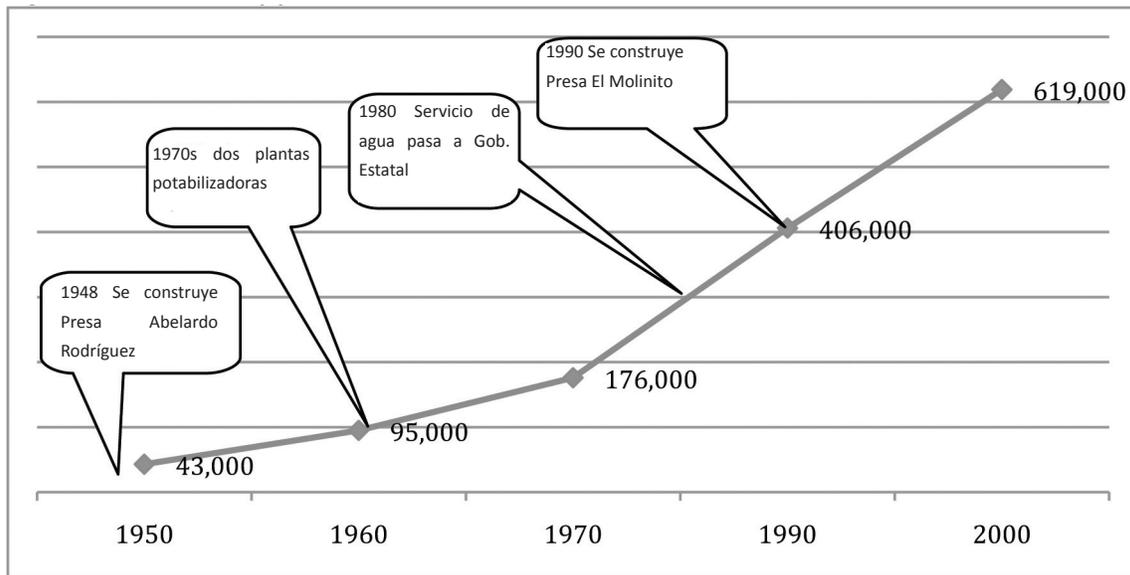
Para la década de 2000 se reconoce que la problemática de la Costa de Hermosillo incluye que hay extracciones que exceden tres veces el volumen de la recarga natural promedio, se hacen extracciones mayores al volumen concesionado, hay avance en la intrusión salina y un esquema de subsidios que estimula un patrón inadecuado de cultivos con rentabilidad negativa (Comisión Nacional del Agua 2004). Por otra parte, el Plan Director, a fin de afrontar la problemática de este distrito de riego 041, propone “elevar la eficiencia en el uso y manejo del agua de riego, recuperando volúmenes de agua que en principio se destinarán al equilibrio entre el valor de las concesiones de agua en el acuífero respecto de la disponibilidad de agua”. Asimismo, otra opción que plantea es destinar volumen recuperado al uso público urbano de la ciudad de Hermosillo, mediante convenios entre el organismo operador y particulares propietarios de derechos de agua en el distrito para el financiamiento de obras y acciones para la tecnificación del riego y reconversión de la explotación agrícola (CONAGUA 2007).

De este modo, en general en el período de 1948 a 1998, la gestión del agua estuvo dominada por la orientación a la oferta y el aumento de las fuentes de suministro y por una política fragmentada y diferenciada de los usos urbanos y agrícolas. Las instituciones encargadas del recurso (la Secretaría de Recursos Hidráulicos, la Junta Federal de Agua Potable y la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Sonora) se dedicaron a construir grandes obras de infraestructura y a promover el crecimiento y la rentabilidad de las actividades económicas privadas. El recurso agua es manejado bajo los supuestos implícitos de que es abundante de manera permanente y los niveles de consumo y extracción se ajustan a la alza. En la mayoría de los casos los costos de infraestructura son cubiertos con recursos fiscales y no se traslada a los usuarios la señal de escasez ni de que el servicio tiene altos costos.

El vertiginoso crecimiento de la ciudad impulsó un aumento aún mayor de la demanda de agua de la ciudad y de su entorno. Junto con la ciudad, se intensificaron la agricultura y el riego con agua de los

## Moving Forward from Vulnerability to Adaptation

acuíferos tanto al poniente de la ciudad en la Costa de Hermosillo en la parte baja de la cuenca, como al oriente y al norte de la ciudad en la parte alta de la cuenca. Este crecimiento regional conjunto de las demandas urbana y agrícola del agua pronto alcanzó la disponibilidad que ofrece la modesta cuenca del río Sonora y rompió el equilibrio hidrológico. En esta carrera de crecimiento hizo crisis en la segunda mitad de la década de los noventa cuando la cuenca comenzó a dar señales de “escasez”, aunque en este caso se trata de una escasez socialmente construida.



**Figura 5-12. Población y política hidráulica en Hermosillo 1948-2000.** Fuente: Elaboración propia de los autores.

En los años 2010 y 2011, en materia de infraestructura hidráulica, la ciudad de Hermosillo tiene dos vulnerabilidades importantes. La primera es la obsoleta red de distribución de agua de la ciudad, que, por su deterioro, es la causa de que se pierdan cantidades considerables de agua. Por lo tanto, se requiere una rehabilitación general que le permita elevar los niveles de eficiencia y recuperar volúmenes importantes del agua que se pierde por las fugas y las malas conexiones. Esta rehabilitación se ha venido postergando al menos desde mediados de la década de los noventa y sólo se hacen reparaciones de emergencia o parciales.

La segunda gran vulnerabilidad es la carencia de tratamiento de las aguas residuales y la no existencia de la reutilización de las aguas tratadas. Este proyecto ha encontrado obstáculos y se ha venido postergando desde 1995. En el año 2011 se licitó nuevamente la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad que permitirá tratar y reutilizar una parte sustantiva del agua residual de la ciudad.

## E. Demanda de agua y proyectos de mejora

### *La crisis del abasto y proyectos hidráulicos 1994-2010*

Hacia mediados de la década de los noventa, la disponibilidad de agua comenzó a disminuir y las autoridades hidráulicas se dieron cuenta de que la ciudad se acercaba aceleradamente a los límites de la capacidad instalada de suministro de agua. En esos años comenzó una sequía que, aunada al aumento de las extracciones agrícolas y el consumo urbano de agua, dieron origen al descenso de los almacenamientos de las presas El Molinito y Abelardo L. Rodríguez.

Para subsanar la amenaza de escasez, se emprendieron diversas obras hidráulicas. A principios de la década, se abrieron nuevos pozos en el ejido la Victoria que luego tuvieron que ser cerrados debido a que contenían flúor y zinc. En 1994, la COAPAES construyó una galería filtrante para extraer la corriente de agua del subsuelo pero que no produjo el resultado esperado y sólo funcionó dos o tres años.

Un proyecto más ambicioso que implicaba traer agua de otra cuenca fue la construcción de un acueducto de 144 kilómetros para traer agua de la Presa El Novillo sobre el río Yaqui, el principal río del estado. A fines de 1995, el gobierno del estado inició el proceso de licitación para que una empresa construyera el acueducto para traer agua del río Yaqui a 144 kilómetros de Hermosillo, pero el proceso se canceló en abril de 1996 sin explicar las razones y no se llevó a cabo el proyecto (Pineda Pablos 2007).

En 1999 se comenzó a promover el proyecto de construir una planta desaladora de agua de mar en Bahía Kino. El proyecto enfrentó la oposición de los agricultores de la Costa, así como la del alcalde de la ciudad y tuvo que cancelarse en octubre de 2001. Para detener el proyecto de construir una planta desaladora, que aparentemente no era financieramente viable, el gobierno municipal, basándose en disposiciones constitucionales que dicen que el servicio debe de ser municipal, reclama la operación del servicio. De este modo, en noviembre de 2001, el gobierno del estado transfiere al gobierno municipal la operación del servicio. Para atender esta responsabilidad, el gobierno municipal crea el organismo conocido como Agua de Hermosillo que inicia formalmente operaciones en febrero de 2002 (Pineda Pablos 2007).

En los años 2004 y 2005, a fin de adquirir nuevas fuentes de suministro de agua, el gobierno municipal comenzó una estrategia de compra de derechos de agua de uso agrícola. Primeramente, en 2004 compró el agua de los pozos conocidos como Las Malvinas ubicados en la región del río San Miguel. El convenio fue por veinte años y los pozos aportan 250 Lps que equivalen a 7.5 Mm<sup>3</sup> anuales. Posteriormente en 2005 concretó con los agricultores de la Costa de Hermosillo la compra de derechos por 40 Mm<sup>3</sup>, de los cuales 26 se destinarían al uso urbano y el resto se cancelarían para recuperación del acuífero (Del Río Sánchez 2005). Es hasta esta estrategia que se logra agregar nuevas fuentes de suministro y aliviar, así sea parcialmente, la demanda de agua de la ciudad.

En el año 2008 se completa los 13 kilómetros que faltaban para concluir el acueducto de la presa El Molinito que había sido iniciado doce años antes. Este acueducto tiene una longitud total de 28.3 kilómetros de la presa a las plantas potabilizadoras con un diámetro de 48 pulgadas (1.22 metros), para abastecer 1.1 metros cúbicos de agua por segundo. La inversión total fue de 121 millones de pesos que fueron aportados conjuntamente por los gobiernos federal, estatal y municipal (Contreras 2008). Esta cuantiosa inversión, sin embargo, no aporta una nueva fuente de agua a la ciudad sino que

## Moving Forward from Vulnerability to Adaptation

simplemente adelanta o anticipa el agua que, de no ser extraída por los pozos intermedios, de todos modos llegaría por la corriente del subsuelo a la ciudad. Esta obra sirvió para solventar el abasto de los veranos de 2008 y 2009.

### **SONORA SI y el Acueducto Independencia**

En el año 2010, el nuevo gobierno del Estado lanzó un amplio programa hidráulico para todo el estado conocido como Sonora SI (Gobierno del Estado de Sonora, 2010). Este programa incluye, como uno de sus proyectos principales, la construcción de un acueducto de la presa El Novillo a la ciudad de Hermosillo al cual se le bautiza como “Acueducto Independencia” y se prevé que tenga un diámetro de 48 pulgadas en una longitud de 152 kilómetros, para conducir 2,380 Lps y una dotación anual de 75 Mm<sup>3</sup> a la ciudad de Hermosillo. La inversión que se estima es de 3,680 millones de pesos (Comisión Estatal del Agua y Servicios de Consultoría y Asesoría para Evaluación de Proyectos, 2010)

A fin de realizar esta obra, se adquirieron derechos de agua del río Yaqui de los pueblos de Huásabas y Granados por 52 Mm<sup>3</sup> que el 27 de julio de 2010 fueron registrados a nombre de la Comisión Estatal del Agua. El 28 de julio, se convocó la licitación para seleccionar a la empresa constructora que se haría cargo de la obra misma que, el 6 de octubre de 2010, fue asignada al consorcio Empresas Mineras del Desierto. La construcción de la obra inició formalmente el 8 de diciembre de 2010.

Esta obra ha enfrentado la oposición de diversos actores del Valle del Yaqui entre los que están usuarios del Distrito de Riego del Valle del Yaqui 041, el grupo denominado “Movimiento Ciudadano por el Agua” y autoridades tradicionales de la Tribu Yaqui. Estos actores han emprendido diversas acciones entre las que están marchas y desplegados en la prensa, así como un proceso judicial en contra de la construcción y operación del acueducto Independencia.

La obra está programada para concluirse e iniciar operaciones en el verano de 2012. Se considera que, si se realiza, esta obra impulsará fuertemente el crecimiento de la ciudad de Hermosillo.

### **El postergado proyecto de una planta de tratamiento de aguas residuales**

Un aspecto crítico de la infraestructura hidráulica de la ciudad de Hermosillo es el tratamiento de sus aguas residuales y su posible reutilización para aliviar la demanda de agua de la ciudad. Desde cuando menos 1985, las aguas residuales fueron asignadas y han estado siendo aprovechadas para riego agrícola en los ejidos La Manga, Villa de Seris y La Yesca en cultivos como de forrajes. En 1994 se contrató la construcción de una planta de tratamiento con la Empresa Tecnología e Ingeniería Avanzada (filial del grupo Protexa) de Monterrey que, por problemas financieros derivados de la crisis económica que tuvo México en 1995, suspendió la construcción y operación en diciembre de 1997. Posteriormente se hizo un plan para construir pequeñas plantas de tratamiento que liberaran 120 litro por segundo de agua tratada por intercambio de aguas residuales. El proyecto contemplaba construir cuando menos diez plantas en diversos puntos estratégicos de la ciudad. Este programa arrancó en octubre de 1999 con una planta ubicada dentro de los campos deportivos de la Universidad de Sonora, cercana a varios restaurantes y casas residenciales ubicadas en las colonias Valle Verde, Valle Escondido y Los Arcos. Los vecinos de estas colonias se inconformaron y pararon la obra manteniendo un plantón por espacio de varios meses. Esto provocó la cancelación de este programa y no se construyó el resto de las plantas. De este modo, la ciudad ha continuado desechando las aguas residuales al poniente de la ciudad sin ningún tipo de tratamiento. En 2010 el gobierno municipal concursó nuevamente la construcción de una planta de tratamiento ubicada en el poniente de la ciudad y está planeada para concluirse antes de septiembre 2012.

**Cuadro 5-3. Proyectos emprendidos para aumentar el suministro de agua a Hermosillo.** Fuente: Elaboración de los autores.

Año	Proyecto	Resultado
1994	Batería de pozos en ejido La Victoria	Se cancelaron porque el agua contenía flúor
1996	Galería filtrante	No funcionó
1996	Acueducto hacia presa El Molinito	No se concluyó entonces por conflictos sociales y el alto costo de construcción
1995-1996	Acueducto de la Presa El Novillo a Hermosillo	Cancelado por el gobierno del Estado
1999-2001	Construcción de planta desaladora en Bahía Kino	Suspendida al ser vetada por el alcalde de Hermosillo
2004	Compra de agua de pozos de Las Malvinas	Aporta 7.5 millones de M <sup>3</sup> al año.
2005	Compra de derechos de agua de la Costa de Hermosillo	Acuerdo en junio 2005 para iniciar extracción en 2006. Aporta 26 millones de M <sup>3</sup> al año.
2008	Acueducto de Presa El Molinito a Hermosillo	Se construyó
2010	Acueducto desde el Novillo y Planta Tratadora de Aguas Residuales para Hermosillo	Acueducto se licitó y se inició la construcción en diciembre de 2010. PTAR se licitó en 2011

En resumen, el período de 1994 a 2010 puede ser caracterizado como un período de crisis en el que se seca la presa, se abaten los pozos y se declara una sequía y una escasez de agua. Para resolver la demanda apremiante del crecimiento urbano, se emprenden una serie de obras de infraestructura, la mayoría de las cuales resultan fallidas o no se llevan a cabo. De este modo, la gestión urbana del agua se ve obligada a recurrir a la administración de la demanda y a tratar de controlar y reducir los consumos urbanos de agua.

### ***El consumo y pérdidas de agua de 1995 a 2009***

Al llegar al límite de la disponibilidad de agua proporcionada por la presa Abelardo L. Rodríguez, la del Molinito y por los acuíferos que la rodean, la ciudad de Hermosillo se debate en un doble reto. Por un lado tiene urgencia y necesidad de impulsar el crecimiento económico, lo cual implica mantener y acelerar el crecimiento de la población y la actividad económica, ampliar el mercado local e incluso competir con otras ciudades globales que no cuentan con dicha limitación. Por otro lado, debe de ajustarse a la realidad que su entorno semiárido le impone, reducir al mínimo sus fugas y pérdidas de agua, tratar y reusar las aguas residuales e imponer niveles más racionales de los consumos domésticos, institucionales e industriales por medio de la medición volumétrica, una estructura tarifaria adecuada y una efectiva estrategia de cobranza.

Si la ciudad ha continuado su crecimiento, ha sido con base en la disminución de los consumos y en las adiciones de nuevas fuentes de suministro provenientes de la compra de derechos de agua agrícola (Scott and Pineda 2011). A finales de la década de los noventa, a fin de afrontar la urgencia de abastecer de agua para el crecimiento de la ciudad, además de emprender obras de infraestructura que buscaban aumentar el suministro, el organismo de agua se vio obligado a buscar maneras de reducir el consumo. En el verano de 1998, se inicia el racionamiento del agua y se establecen horarios para el suministro del líquido a la red, conocidos como “tandeo”. El suministro de agua a la red deja de ser continuo las 24 horas del día y se restringe a un horario determinado. Al mismo tiempo, se comienza a dividir la red de distribución en “sectores hidrométricos” que permiten un mayor control de las presiones y de las pérdidas de agua. El proyecto es dividir la red de suministro en 115 sectores hidrométricos.

## Moving Forward from Vulnerability to Adaptation

**Cuadro 5-4. Proyectos emprendidos para reducir el consumo de agua a Hermosillo.** Fuente: Elaboración de los autores.

Año	Proyecto	Problema
1998	Se inicia el racionamiento que suministra agua de acuerdo a un horario, durante los veranos.	Se restringe a 16 y a 12 horas el suministro de agua.
1999	Se inicia la sectorización de la red	Se proyecta dividir la red en 110 sectores hidrométricos.
1998-2000	Promoción de instalación de tinacos y de dispositivos domésticos de ahorro de agua (como regaderas y sanitarios)	Sin micro-medición resulta muy difícil que el consumidor pague los costos de ahorro
Permanente	Reducción de fugas y rehabilitación de la red	Falta de, o inadecuados recursos financieros de inversión
Desde 1998	Programa de cultura del agua en escuelas y publicidad	Largo periodo (de años a décadas) de impacto en menor consumo

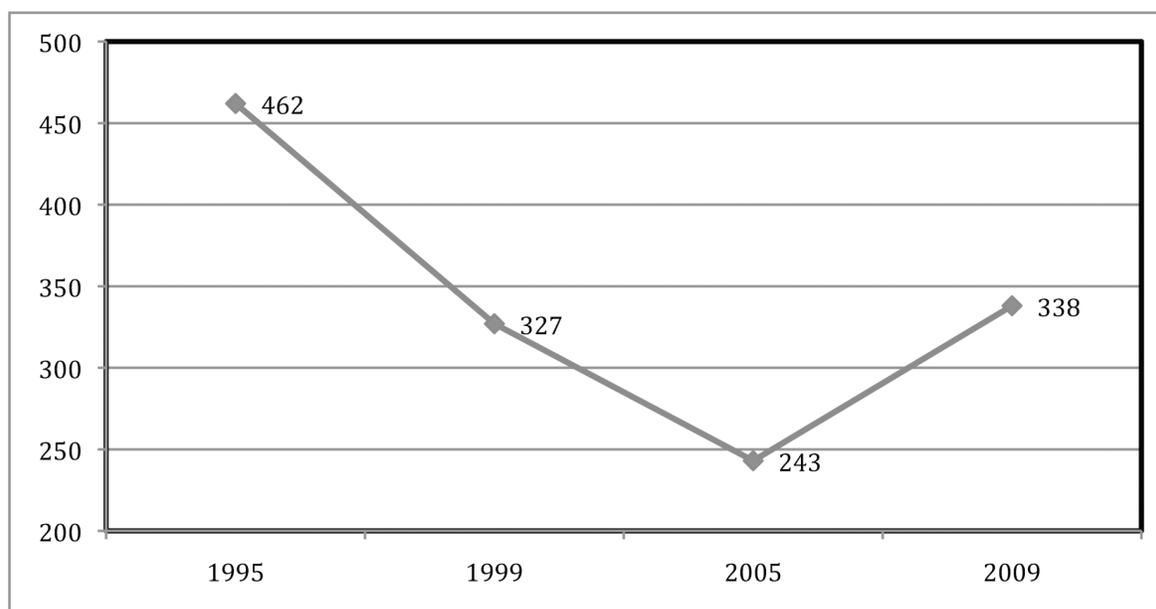
Por otra parte, a partir de 1996 el organismo de agua inicia un programa de “cultura del agua” con el objetivo de sensibilizar a los estudiantes de educación preescolar, primaria, secundaria, preparatoria y padres de familia, en el uso adecuado del agua dentro de la campaña denominada “Cuidar el agua ... tarea de todos”. En una etapa posterior el programa se orienta al público en general e incluye además la promoción del uso de dispositivos ahorradores de agua en regaderas y sanitarios. Como parte de estas campañas entre septiembre de 2002 y junio de 2003 se visitaron 85 escuelas y se instruyó a 13,877 niños a través de pláticas y videos. A este programa se le atribuyó el descenso del consumo de agua de 470 a 375 lhd. en el período de 1996 a 2002. Aunque desde otro punto de vista, este descenso puede atribuirse más bien al programa de racionamiento iniciado desde 1998 (Eakin et al. 2007).

Al analizar los consumos urbanos de agua durante el período de 1995 a 2009, se aprecian dos etapas con comportamientos diferentes. En la primera etapa, los volúmenes de agua suministrada se redujeron progresivamente. Los datos publicados por el organismo operador en diferentes años muestran que, después de los 95.9 Mm<sup>3</sup> suministrados en 1995, el volumen de agua suministrado se redujo hasta 68.6 Mm<sup>3</sup> en 2005. Sin embargo, en la segunda etapa, a partir de 2005, año cuando se adquirieron nuevas fuentes de uso agrícola, el volumen de agua producido ha repuntado y se ha elevado nuevamente. De este modo, en 2009 se reporta que se produjeron 106 Mm<sup>3</sup>.

Para ponderar este crecimiento del abasto de agua, hace falta que consideremos el consumo por habitante. En este aspecto, sin embargo, nos encontramos con la situación de que hay varias cifras publicadas sobre la población urbana de Hermosillo para los mismos años. Por un lado, están las cifras oficiales del Consejo Nacional de Población (CONAPO) que se muestran en una columna del Figura 15 y por otro lado tenemos las estimaciones demográficas del mismo organismo de agua que generalmente tienden a ser más elevados que las cifras oficiales. En ambos casos, se aprecia que el consumo per cápita disminuyó de 1995 a 2005 y repunta a partir de ese año y mantiene su crecimiento cuando menos hasta el 2009. De acuerdo a los datos del organismo, el promedio de lhd consumidos en Hermosillo se redujo de 462 en 1995 a 243 en 2005 y repuntó hasta 338 en 2009.

**Cuadro 5-5. Suministro de agua en Hermosillo 1995-2009.** Fuentes: Para los años 1995-1999: Comisión Nacional del Agua, Situación del Subsector Agua Potable y Alcantarillado, México, D.F., años respectivos. Para los años 2005 y 2009, el documento “Indicadores de gestión 2005-2009” publicado en: <http://www.aguadehermosillo.gob.mx/inicio/>, consultados en febrero 2009 y en abril 2010.

Año	Millones de M <sup>3</sup> de agua producida	Habitantes atendidos según AGUAH	Litros/hab/día	Población según CONAPO
1995	95.9	569,579	462	558,141
1999	77.7	651,450	327	626,765
2005	68.6	772,962	243	721,516
2009	106.0	858,122	338	779,073



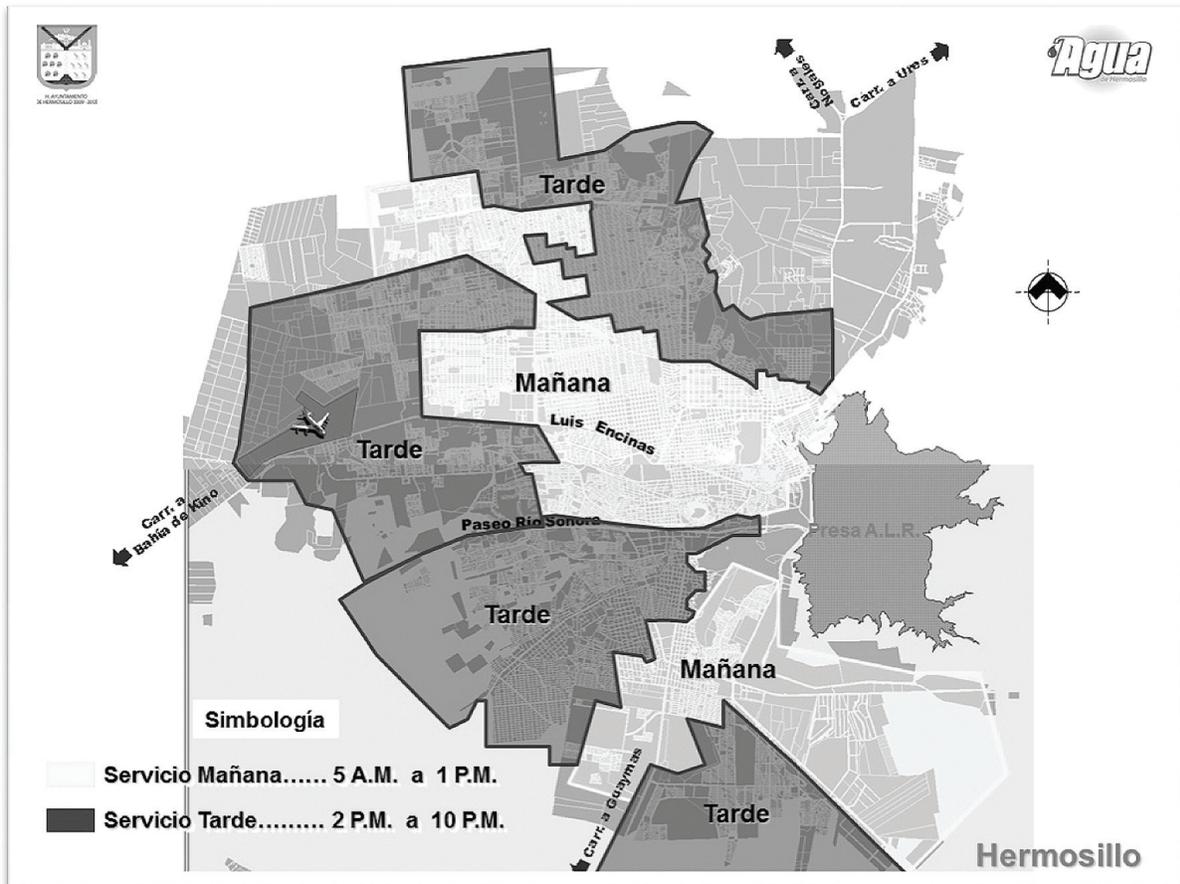
**Figura 5-13. Consumo diario per cápita en Hermosillo 1995-2009 (litros por habitante por día).** Fuente: Elaboración por los autores.

No obstante, si tomamos como base de cálculo la población publicada por CONAPO, el consumo por habitante en 2009 resulta ser de 373 litros por habitante por día (Lhp), es decir hay una diferencia de 35 litros según la cifra de población que se utilice. Existe entonces la posibilidad de que las cifras de población estimadas por el organismo estén infladas con el fin de reducir la tasa de consumo per cápita.

A fines de 2009, debido a la baja disponibilidad que ofrecía la presa de El Molinito y el abatimiento de diversos pozos, el nuevo gobierno local emprendió nuevamente el racionamiento del suministro de agua. A partir del 1 de diciembre de 2009 se estableció primeramente un horario de las 22:00 a las 5:00 horas, es decir, 16 horas de servicios y ocho sin servicio. Posteriormente, a principios de 2010, el horario del servicio se redujo a ocho horas al día, repartido en tres horarios: matutino, de 5:00 a 13:00 horas; vespertino, de 14:00 a 22:00 horas; y mixto, alternando los dos horarios en algunas

## Moving Forward from Vulnerability to Adaptation

colonias (Gandara Magaña 2010:21). Al mismo tiempo, la mayoría de los hogares que no lo habían hecho anteriormente comenzaron a instalar tinacos de agua en las azoteas a fin de contar con agua durante los horarios sin servicio en la red. De esta manera se ha establecido como norma general el contar con un depósito o tinaco de agua de modo que las familias puedan mantener la disponibilidad doméstica de agua durante todo el día. Tomando en cuenta estos cambios de conducta de los hogares, puede considerarse que la medida del racionamiento ha dejado de ser efectiva como instrumento para modificar los patrones de consumo doméstico. De hecho, la principal utilidad del racionamiento es que evita que la red de tuberías deje de perder agua por fugas durante el horario en que se suspende el flujo.

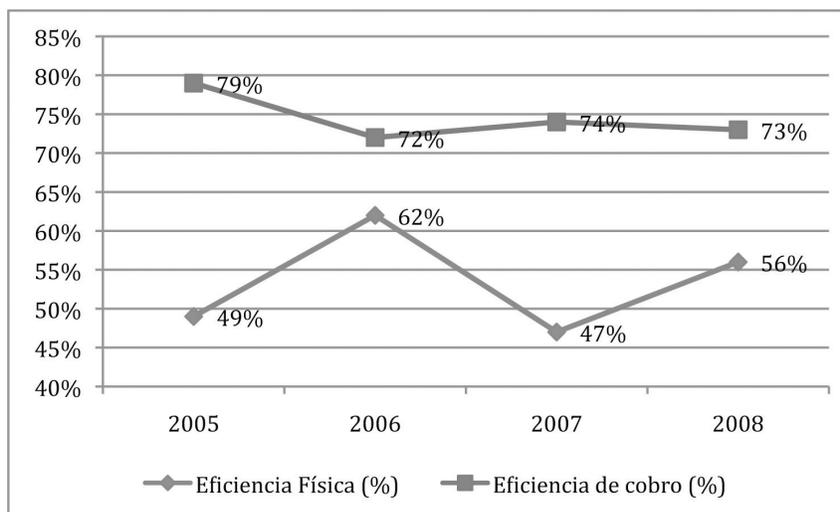


**Figura 5-14. Tandeo del servicio de agua en la ciudad de Hermosillo en 2010.** Fuente: Agua de Hermosillo, febrero 2010.

Un efecto no deseado del racionamiento o “tandeo”, es que ha provocado el deterioro de las tuberías y el incremento paulatino de fugas de agua en la red. Por ello, el organismo ha tenido que poner en práctica un agresivo programa de reparación de fugas. En el año 2010, Agua de Hermosillo tenía un total de 146 trabajadores destinados a la reparación de fugas organizados por cuadrillas distribuidas en dos zonas geográficas y en tres turnos de trabajo. Además, se destinaban a esta misma tarea también 32 vehículos y 27 máquinas, así como 31 personas más que desarrollan actividades de asistencia. En 2010, alcalde reportó que se atendía un promedio mensual de 1,970 fugas (Gandara Magaña 2010:22-23). Esto significa que se atiende un promedio de 65 fugas diarias. Lo grave de la situación es que este problema no se está resolviendo sino que, mientras exista el racionamiento, se mantiene y tiende a agravarse.

En lo que respecta a la construcción de sectores hidrométricos, para septiembre de 2010, se reporta que se estaban operando 92 de los 115 sectores proyectados. Sin embargo, esta sectorización de la red no está siendo aprovechada para reducir las pérdidas de fluido y sólo se utiliza para regular la presión y realizar los tandeos. Para la realización de este estudio, se solicitó al organismo los datos de los suministros y consumos por toma en los sectores y, debido a la falta de medición completa de las tomas, sólo se proporcionaron estimaciones incompletas de algunos sectores. Hasta donde se cuenta información, no lleva a cabo el monitoreo por sectores de las eficiencias físicas de la red.

Está claro que la red pierde una cantidad significativa de agua la cual hace que se incremente el promedio de consumo por habitante. Para analizarla comencemos primeramente por la proporción o porcentaje de “agua contabilizada”, es decir el agua que se factura y se contabiliza como parte del suministro del organismo de acuerdo los indicadores publicados por la CONAGUA. Según esta fuente, el agua facturada por el organismo fue de 64 por ciento en 2001, 49 por ciento en 2005, 62 por ciento en 2006, 47 por ciento en 2007 y 56 por ciento en 2008. Puede verse entonces que no hay una clara tendencia, sino un comportamiento que asemeja una línea quebrada. Por otra parte, la cantidad de agua cobrada con respecto a la facturada, que se conoce como “eficiencia comercial”, fue de 79 por ciento en 2005 y en los tres años posteriores se ha mantenido en torno al 73 por ciento. Ésta es la proporción de agua que efectivamente mide, factura y cobra Agua de Hermosillo. La parte restante, puede considerarse como “no contabilizada” y que no contribuye ni a su autosuficiencia y sí para aumentar la cantidad de agua que el organismo extrae de la cuenca. De modo que en términos prácticos, el agua no contabilizada puede considerarse como pérdida de agua.



**Figura 5-15. Eficiencias física y comercial de acuerdo a la CONAGUA.** Fuente: Elaborada por Alejandro Salazar y América Lutz con base en datos de la CONAGUA, Situación del subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, ediciones 2005 2006 2007 y 2008.

Por otra parte, el director del organismo, al ser interpelado sobre el volumen y proporción de las pérdidas, ha argumentado que no se trata propiamente de pérdidas o fugas de la red, sino de los consumos de las instituciones públicas que, por disposición del artículo 115 constitucional, no pueden ser cobrados sino que se otorgan gratuitamente. El cuadro 6 muestra el desglose que el entonces director del organismo hizo del agua contabilizada y no contabilizada de la ciudad para el año 2009. De acuerdo a esta información, se factura el 59.2 por ciento del agua producida y el 48.2 por ciento restante se suministra de manera gratuita (es decir sin medir, ni cobrar), a instituciones

## Moving Forward from Vulnerability to Adaptation

gubernamentales, escuelas, parques y jardines de la ciudad, a las invasiones, a ejidos o poblaciones rurales. De acuerdo a este reporte, las pérdidas de la red sólo son el 6.6 por ciento estimado de tomas clandestinas, el 3.4 por ciento de los usuarios en baja por impago, el 6.8 por ciento de fugas domiciliarias no medidas y el 17.8 por ciento que se pierde o fuga en la red.

**Cuadro 5-6. Análisis del agua contabilizada y no contabilizada de Hermosillo.** Fuente: Información presentada por el Ing. José Luis Jardines, Director de Agua de Hermosillo, al Ayuntamiento de Hermosillo el 3 de febrero de 2010.

	Suministro de agua	Tipo info	Volumen Mm <sup>3</sup>	Proporción
1.1	Volumen facturado a usuarios domésticos	Dato	46.304	49.1 %
1.2	Volumen facturado a comercios e industrias	Dato	7.215	7.7 %
1.3	Volumen facturado a escuelas, gobierno e instituciones no lucrativas	Dato	2.311	2.5 %
<b>1</b>	<b>Subtotal contabilizado</b>		<b>55.83</b>	<b>59.2 %</b>
2.1	Agua a bienes del dominio público (gobierno)	Estimado	0.268	0.3 %
2.2	Escuelas (excedente no facturado)	Estimado	0.460	0.5 %
2.3	Riego de Parques y Jardines	Dato	2.569	2.7 %
2.4	Agua entregada a invasiones por medio de "pipas"	Estimado	0.730	0.8 %
2.5	Transferencia a poblaciones rurales	Dato	1.892	2.0 %
2.6	Tomas clandestinas	Estimado	6.216	6.6 %
2.7	Volumen a usuarios en baja por impago (autoconexión)	Estimado	3.162	3.4 %
2.8	Pérdidas estimadas intradomiciliarias (sin medición)	Estimado	6.421	6.8 %
2.9	Pérdidas estimadas en la red	Estimado	16.742	17.8 %
<b>2</b>	<b>Subtotal no contabilizado</b>		<b>38.46</b>	<b>40.8 %</b>
<b>3</b>	<b>Total volumen producido 2009 (1 + 2)</b>		<b>94.29</b>	<b>100 %</b>

En total podemos entonces dividir el agua no contabilizada en dos tipos: la que se da gratuitamente a instituciones públicas que se estimó en 6.3 por ciento en 2009 y el 34.6 por ciento que se pierde ya sea en la red, por robos de agua, excesos de consumos no medidos. De cualquier modo, la pérdida de agua es considerable y asciende a cuando menos la tercera parte del agua suministrada. Además, hay que señalar que el total de agua producida reportado no corresponde al publicado para ese año por el mismo Agua de Hermosillo. Para el 2009, la página Web de Agua de Hermosillo reportó un total de 106 Mm<sup>3</sup> de agua producidos (ver Figura 15). Existe entonces un discrepancia entre ambos datos que hace falta explicar y que, quizá, pudiera también ser abonada al agua perdida o no contabilizada.

Un dato preocupante es del de los nuevos permisos de conexión a la red que continúa expidiendo el organismo para nuevos fraccionamiento y construcciones. En el año 2010, se expidieron 14 nuevos permisos de "factibilidad" y se renovaron 20. En conjunto estos nuevos permisos significan el compromiso de suministrar 640 Lps adicionales para un total de 6,638 viviendas (Gandara Magaña 2010:24). En estos permisos se denota el conflicto de intereses y la verdadera prioridad del gobierno local ya que entre la alternativa de impulsar el crecimiento urbano, favorecer a la industria de la

### **Las fallas de padrón, la medición y la cobranza**

El diagnóstico que la empresa Bal Ondeo ([www.bal-ondeo.com.mx](http://www.bal-ondeo.com.mx)) hizo de la gestión comercial de Agua de Hermosillo a principios de 2011 reporta que el organismo operador ha caído en un círculo vicioso en el que: la falta de recursos causa la carencia de inversiones necesarias para mejorar el servicio, esto provoca un servicio deficiente, el mal servicio a su vez hace que los usuarios no paguen el servicio y esto propicia la falta de recursos. Si no se logra romper este círculo vicioso, aunque se consigan grandes apoyos y se hagan grandes obras siempre vamos a estar en crisis.

Entre los problemas detectados por el estudio de Bal Ondeo está, por ejemplo, que no hay un padrón confiable y se encontró que hay fraccionamientos y casas que tienen servicio, pero no han sido incorporados al padrón. Existen domicilios que tienen medidor pero no se les toma la lectura porque no aparecen en las rutas de los encargados. A fin de cuentas hay 40% de usuarios a los que, aunque tengan medidor, se les cobra con base en estimaciones.

Hay además muchas diferencias en las cargas de trabajo y en los criterios que aplican los contratistas privados que realizan la lectura de los medidores y a quienes también les debiera de tocar detectar conexiones ilegales y realizar los cortes por falta de pago.

Existen muchas tomas de agua de grandes consumidores en los que la toma está registrada como de media pulgada y cuyo consumo hace sospechar la existencia de alguna toma adicional no registrada. Otros grandes consumidores tienen toma directa y no se les mide.

De acuerdo a este estudio, queda claro que hace falta que se ponga orden en el padrón de usuarios y en las políticas comerciales de Agua de Hermosillo. Para ello, a partir del verano de 2011, se contrató a Bal Ondeo, la misma empresa que hizo el estudio, para que se haga cargo del área comercial del organismo operador.

construcción y la creación de empleos adquiriendo compromisos que quizá no pueda cumplir o negar dichos permisos y moderar o controlar el crecimiento urbano, siempre escoge lo primero.

¿Cuáles son entonces las principales vulnerabilidades del consumo y la demanda de agua en Hermosillo? Las principales vulnerabilidades en este respecto son, primero, las deficiencias del padrón de usuarios y la medición tanto a nivel de los sectores hidrométricos como a nivel agregado. En varios momentos se ha intentado dar el brinco hacia la medición total del consumo de las tomas de agua, pero no se ha alcanzado la meta. En el año 2011, con la contratación de una empresa privada para que se encargue del área comercial, se está anunciando nuevamente un avance substancial en la medición del consumo doméstico. Por otra parte, una segunda vulnerabilidad es la morosidad o de los usuarios y problemas de la cobranza. La ausencia de sanciones y consecuencias para quienes no pagan a tiempo su servicio hacen que el organismo esté subsidiando a muchos usuarios que no son necesariamente los más pobres ni los más necesitados. Los problemas de la cobranza incluyen, además, el consumo de agua de una gran cantidad de instituciones públicas a las que, por disposición del artículo 115 constitucional, se les suministra el agua de manera gratuita. De hecho, la falta de medición y de cobro del agua a las instituciones públicas pone desorden en toda la política de manejo eficiente del agua y ha sido un lastre para la buena administración del organismo.

### ***Escenarios futuros de crecimiento y demanda***

El crecimiento de México en el siglo XXI será principalmente urbano, siendo las ciudades del norte las de mayor crecimiento en el país (Pineda y Salazar 2009). De acuerdo con CONAPO (2006), se espera que Hermosillo tenga un crecimiento poblacional de 1.5 por ciento anual entre 2010 y 2030. Así, la población de Hermosillo crecería de 717 mil habitantes en 2010 a 966 mil en 2030.

**Cuadro 5-7. Proyección del consumo del agua hacia 2030.** Fuente: Elaboración de Alejandro Salazar con base en CONAPO (2006).

<b>Año</b>	<b>2010</b>	<b>2015</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>
Población	717,711	788,044	853,534	913,751	966,821
PIB per cápita	117,652	131819	147691	165475	185401
Consumo de agua per cápita	187	189	196	203	212
Consumo total de agua en Hermosillo (Millones de m <sup>3</sup> ) sin pérdidas	49	54	61	68	75
Consumo total de agua en Hermosillo (Millones de m <sup>3</sup> ) con pérdidas (ineficiencias)	104	116	130	144	159

El PIB per cápita de Hermosillo en 2008 fue estimado en 112,421 pesos o 9,309 dólares (Banamex 2009). No se tienen datos sobre el PIB municipal en México, sin embargo, considerando que la ciudad de Hermosillo concentra una parte importante del PIB estatal, podemos darnos una idea de cuál ha sido el crecimiento económico de la ciudad echando un vistazo a los datos estatales: entre 1993 y 2006 se observó un crecimiento promedio del PIB en Sonora del 3.9 por ciento, mientras que el crecimiento del PIB per cápita fue de 2.3 por ciento anual (INEGI 2011). Bajo el supuesto de que en el futuro el crecimiento del PIB per cápita seguirá la tendencia estatal de los últimos años entonces se esperaría que hacia el año 2030 el PIB per cápita de Hermosillo sea de 185,401 pesos, 58 por ciento más que la estimación para 2010.

Según Agua de Hermosillo en 2008 se produjeron un total de 100 Mm<sup>3</sup>. Sin embargo, la eficiencia física fue del 50 por ciento, lo que significa que solamente 50 Mm<sup>3</sup> fueron consumidos por los hogares. Esto implica un consumo per cápita efectivo de 150 metros cúbicos per cápita o bien 200 Lhp.

Considerando una elasticidad ingreso de la demanda de agua de 0.28 (Dalhuisen et al. 2003), se llevaron a cabo proyecciones del consumo de agua hasta 2030. Si se mantienen los precios del agua en sus niveles actuales, se esperaría que el consumo per cápita crezca de 187 Lhp al día en 2010 a 212 litros en 2030. Aun cuando el crecimiento del consumo de agua per cápita sólo se elevaría en 13 por ciento, el crecimiento poblacional provocaría que el consumo total de la ciudad se elevará de 49 a 75 Mm<sup>3</sup>, un crecimiento de más del 50 por ciento. Además, de mantenerse los niveles de eficiencia física tan bajos (en 2007 fue de 47 por ciento) los requerimientos de extracción de agua para la ciudad se incrementarían de 106 Mm<sup>3</sup> estimados para 2009 a 159 Mm<sup>3</sup> en 2030.

En suma, el desarrollo de la infraestructura de Hermosillo ha aliviado la crisis del agua, al menos temporalmente, sin embargo, no se ha enfrentado de forma adecuada los retos actuales y futuros. Conflictos urbanos-rurales por la tierra y el agua, la vulnerabilidad social, la capacidad variable de adaptación resultado de la disparidad socioeconómica, y la rápida rotación del personal de las agencias representan desafíos para la seguridad hídrica en Hermosillo.

## F. Vulnerabilidad hídrica urbana y capacidad adaptativa en Hermosillo

### ***Vulnerabilidad social***

La ciudad de Hermosillo es vulnerable a las altas temperaturas, la escasez de agua y a la variabilidad climática. Pero esta vulnerabilidad no es uniforme e igual para todos sus habitantes. El grado de vulnerabilidad de los hogares está determinado por el tipo de vivienda en que habitan y por los medios de que disponen (Castro 2007). Desde este punto de vista, la población más vulnerable es la que habita en viviendas precarias que carecen de los medios para mitigar el calor o para evitar las deshidrataciones, golpes de calor, diarreas e incluso la muerte. Asimismo, dentro de los grupos en pobreza patrimonial, la población más vulnerable son los niños, las personas de la tercera edad y las mujeres que permanecen la mayor parte del tiempo en dichas viviendas y que no cuentan con los medios adecuados para guarecerse de las altas temperaturas y la radiación solar, principalmente en los días de marzo a octubre en que pueden darse temperaturas de 40° C o superiores. En Hermosillo, esta vulnerabilidad social al clima caluroso coincide en buena medida con la población marginada.

#### **¿Cuánta agua va a demandar Hermosillo en el año 2030?**

En cuestión de gestión del agua, pueden plantearse entonces dos escenarios para el año 2030. En ambos escenarios la población de la ciudad se estará acercando entonces al millón de habitantes y se mantiene el dinamismo de las actividades productivas y el nivel de vida de la población como constantes. Sin embargo, en un primer escenario la ciudad demanda sólo 75 millones de metros cúbicos. Esto se logra con base la planeación y manejo integrado de la cuenca, con un inventario y regulación de las extracciones y una adecuada distribución de derechos entre los usos urbanos y los usos agrícolas; así como estableciendo, mediante inversiones estratégicas en infraestructura de la red y el establecimiento de reglas, incentivos, medición, cobros y sanciones adecuados, niveles aceptables de control y eficiencia física del agua. En este caso se provee un servicio medido, pero confiable y suficiente para las necesidades.

En el otro escenario la demanda urbana de agua se eleva a 159 Mm<sup>3</sup>. En este caso, se mantienen las pérdidas de agua en la red, la falta de medición y las deficiencias en la facturación y cobranza del servicio. Sin embargo, el servicio no es confiable y está sujeto a suspensiones y cortes inesperados. Además, en este escenario el suministro se mantiene gracias a la inversión de grandes recursos fiscales y subsidios que dejaron de utilizarse en otras áreas y proyectos de desarrollo.

El primero es el escenario del orden y del desarrollo. El segundo es el del desorden, la mala administración, la ineficiencia y el dispendio.

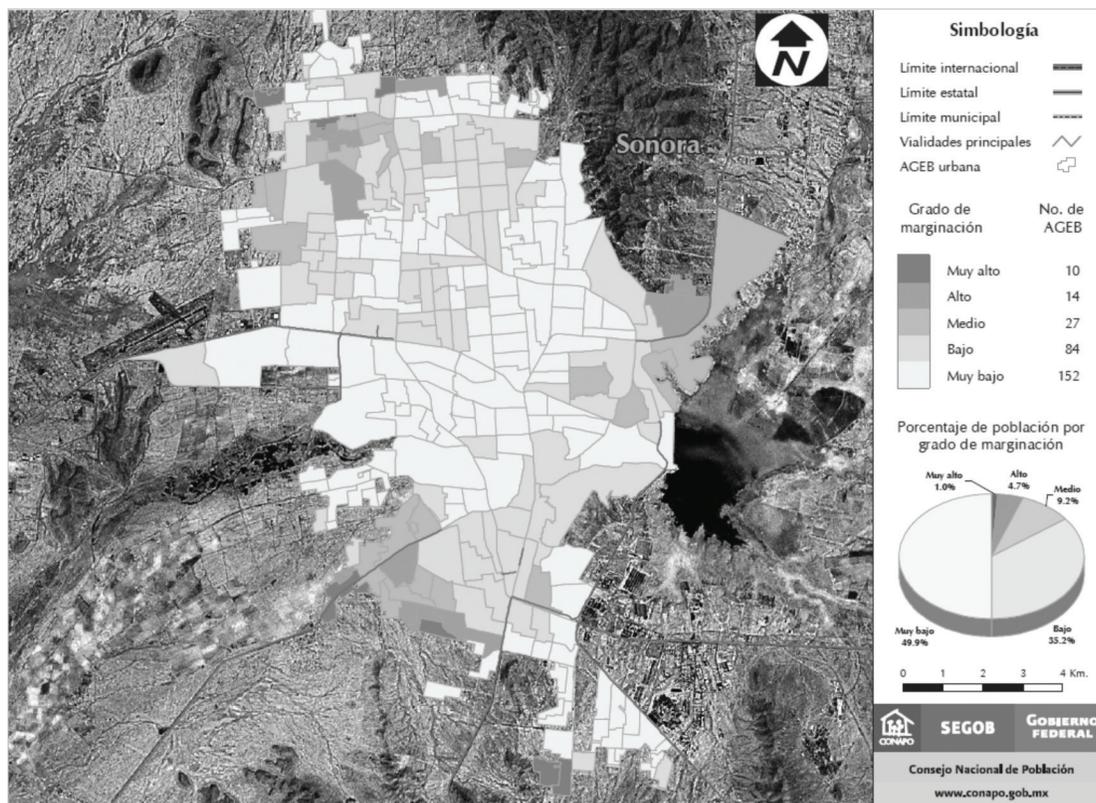
Según el CONEVAL (2007), de los 701,838 personas que habitaban en el municipio de Hermosillo en 2005, el 31.1 por ciento no contaba con ingreso suficiente para cubrir sus necesidades de vivienda, vestido, calzado y transporte, es decir estaban en situación de pobreza de patrimonio. Entre éstos, el 9.5 por ciento no era capaz de cubrir sus necesidades de educación y salud y se encontraban por lo tanto en pobreza de capacidades. El grupo más extremo es el 4.9 por ciento cuyo ingreso no era suficiente ni siquiera para cubrir sus necesidades de alimentación.

## Moving Forward from Vulnerability to Adaptation

Por otra parte, según estudios de CONAPO, en 2005, de la población de 701,828 habitantes estimados en ese año, el 6.9 por ciento vivía en viviendas con piso de tierra, el 2.3 por ciento carecía de servicio de agua entubada y el 1.1 por ciento no contaba con energía eléctrica en la vivienda. Considerando el porcentaje de viviendas con piso de tierra, hay 48,500 hermosillenses que habitan en viviendas precarias y que son vulnerables a los efectos del clima. A esto hay que agregar a la población ocupada cuyo ingreso es menor a dos salarios mínimos y que asciende a 23.8 por ciento de la población ocupada (CONAPO 2006). Si este porcentaje lo trasladamos a toda la población, tenemos entonces que 166,700 hermosillenses pueden ser ubicados como debajo de la línea de pobreza.

**Cuadro 5-8. Población marginada de Hermosillo en 2005.** Fuente: CONAPO 2006. Nota: Éstos son los últimos datos de marginación disponibles hasta 2011.

Población total	701,838
por ciento de población ocupada con ingreso de hasta 2 salarios mínimos	23.8
por ciento de ocupantes de viviendas con piso de tierra	6.9
por ciento de ocupantes en viviendas sin agua entubada	2.3
por ciento de ocupantes en viviendas sin energía eléctrica	1.1



**Figura 5-16. Mapa de la marginalidad en Hermosillo.** Fuente: CONAPO 2006.

Una buena parte de esta población, quizá la más marginada, se ubica en los asentamientos irregulares conocidos como “invasiones” que se ubican en la periferia de la ciudad. Éstos consisten en un conjunto de familias que se asienta en un lote baldío sin contar con título de propiedad, sin que los lotes hayan sido fraccionados y urbanizados y sin contar con los servicios de agua, energía eléctrica o drenaje.

Para posesionarse del terreno, estas familias construyen viviendas con material precario como tablas y postes de madera, láminas de cartón, anuncios publicitarios y material de desecho.

De acuerdo a datos proporcionados por el gobierno municipal, en el año 2004, en Hermosillo había 36 asentamientos irregulares que no contaban con servicio de suministro de agua entubada<sup>1</sup>. Se calculaba que en estos asentamientos habitaban 2,500 familias, que a una tasa de 4 miembros por familia, equivale aproximadamente a un total de 10,000 habitantes.



**Figura 5-17. Asentamiento irregular en Hermosillo.** Fuente: Fotografía propia.

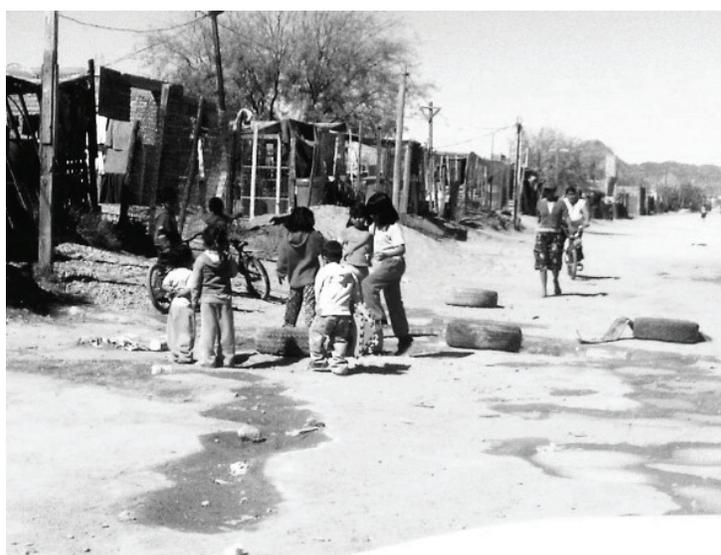
A fin de suplir la deficiencia de agua, el gobierno municipal les abastece de agua por medio de carros cisternas, localmente conocidos como “pipas”. Estos carros cisternas transportan agua a estos asentamientos dos veces por semana y la depositan en los tinacos, pilas o depósitos que las familias tienen dispuestos para este fin. El servicio es gratuito y se paga con fondos fiscales del ayuntamiento. La calidad del agua es verificada por el Departamento de Sanidad y Limpia del gobierno municipal y supuestamente está destinada exclusivamente para consumo humano. De acuerdo a los datos proporcionados por el gobierno municipal en el período de julio de 2003 a junio de 2004 se distribuyó un promedio mensual de 11,629 Mm<sup>3</sup> de agua con un costo para el gobierno local de 303,403 pesos mensuales (Gobierno Municipal Hermosillo 2003-2006 2004). Con base en estos datos, se puede estimar que cada familia de estos asentamientos recibe un promedio de 4.7 metros cúbicos al mes con un costo mensual promedio de 121 pesos por familia, lo que equivale aproximadamente a 155 lhd.

1 Los lugares atendidos eran los siguientes: Altares IV Etapa, Ejido 23 de Octubre (km 36), Ladrilleras de Buchard, Predio Villa Ensueño (Ejido Nueva Ilusión), Hermosa Provincia, López Mateos, San José de las Minutas, Predio Los Pinos, Cocheras Nuevo Amanecer, Jesús Vega (Ladrilleras III Etapa), Alborada, Camaroneras, Chaparral, Mirador, Luis Donald Colosio, Predio Las Cuevas, Piedras Negras, Lo que siembras cosecharas (Dispensario), Hoyo Taurian, Manuel Villa, Solidaridad IV Etapa, Beltrones, Armando López Nogales, Milenio 2000, Lomas del Progreso (Insurgentes III Etapa), Miguel Valencia II Etapa, Laura Alicia Frías de López Nogales, Miguel Valencia, Lomas del Paraíso, Lomas del Norte, Cocheras (Unión de Porcicultores), Ladrilleras 5 de febrero, Ladrilleras Unión del Norte, Ejido San Pedro el Saucito, Ejido El Tronconal, y Relleno Sanitario.

## Moving Forward from Vulnerability to Adaptation

**Cuadro 5-9. Abasto de agua a población sin agua entubada (julio 2003-junio 2004).** Fuente: Gobierno Municipal Hermosillo 2003-2006 2004.

Mes/año	Abasto agua (M <sup>3</sup> )	Costo (pesos)	Familias	Población aprox.	M <sup>3</sup> /fam /mes	Lhd aprox	Costo/fam /mes
jul-2003	12,421	\$360,026	2,500	10,000	5.0	166	\$144
ago-2003	12,897	\$331,387	2,500	10,000	5.2	172	\$133
sep-2003	12,366	\$352,082	2,500	10,000	4.9	165	\$141
oct-2003	13,489	\$341,666	2,500	10,000	5.4	180	\$137
nov-2003	11,686	\$239,666	2,500	10,000	4.7	156	\$96
dic-2003	8,932	\$308,666	2,500	10,000	3.6	119	\$123
ene-2004	8,607	\$200,566	2,500	10,000	3.4	115	\$80
feb-2004	8,163	\$185,964	2,500	10,000	3.3	109	\$74
mar-2004	11,395	\$287,026	2,500	10,000	4.6	152	\$115
abr-2004	11,510	\$290,661	2,500	10,000	4.6	153	\$116
may-2004	13,585	\$355,565	2,500	10,000	5.4	181	\$142
jun-2004	14,497	\$387,565	2,500	10,000	5.8	193	\$155
Promedio	11,629	\$303,403			4.7	155	\$121



**Figura 5-18. Calle de un asentamiento irregular en Hermosillo.**

Fuente: Fotografía del equipo de investigación 2011.

Como puede observarse estas familias no sólo reciben menos agua que el resto de la población, sino que la reciben de manera irregular, más insegura y menos confiable. Si a esto, agregamos la falta de electricidad y la frecuencia de materiales, como láminas y cartón negro, que no ayudan a protegerse de los rayos solares, tenemos entonces el cuadro propicio para una mayor recurrencia de deshidrataciones, diarreas e incluso la muerte por insolación de menores de edad y ancianos o de cualquier persona expuesta a estas condiciones durante los meses de verano en donde las temperaturas suben con frecuencia arriba de los 40°C durante varias horas al día.

### Vulnerabilidad del sector rural peri-urbano

Otro sector vulnerable de la ciudad de Hermosillo es la población de los ejidos del área rural y semirural ubicados en la zona peri-urbana. La sequía de los años noventa disparó la competencia entre los usuarios urbanos y agrícolas, principalmente de los ejidos próximos a la ciudad. En estas áreas rurales que rodean a la ciudad de Hermosillo hay 16 ejidos que comprenden una extensión aproximada de 32,000 hectáreas con alrededor de 1,000 ejidatarios o propietarios de derechos de propiedad ejidal. Estos ejidos fueron creados en la década de 1930 (con la excepción del San Miguel, que fue creado en 1987). Las principales actividades productivas de estos ejidos son agricultura irrigada y ganadería en pequeña escala. Estos ejidos, que solían cultivar trigo en el ciclo otoño-invierno y maíz y frijol en el ciclo primavera-verano, en los últimos años han cambiado su patrón de cultivo hacia pastura para alimentar su ganado. El principal destino de los becerros que crían los ejidatarios son los mercados de engorda de Estados Unidos. En promedio cada ejidatario tiene 11 cabezas de ganado. Asimismo, en promedio, cada ejidatario tiene cinco hectáreas de tierra agrícola irrigada. Debido a las estrategias de abastecimiento de agua de la ciudad, muchos ejidos han perdido su agua de uso agrícola y han tenido que abandonar esta actividad. Para complementar sus ingresos, muchas familias de ejidatarios tienen que trabajar fuera del campo como albañiles u obreros en las localidades vecinas o en la ciudad de Hermosillo. A este ingreso familiar tienen que contribuir muchos de los miembros del hogar (Jambry et al. 1997).

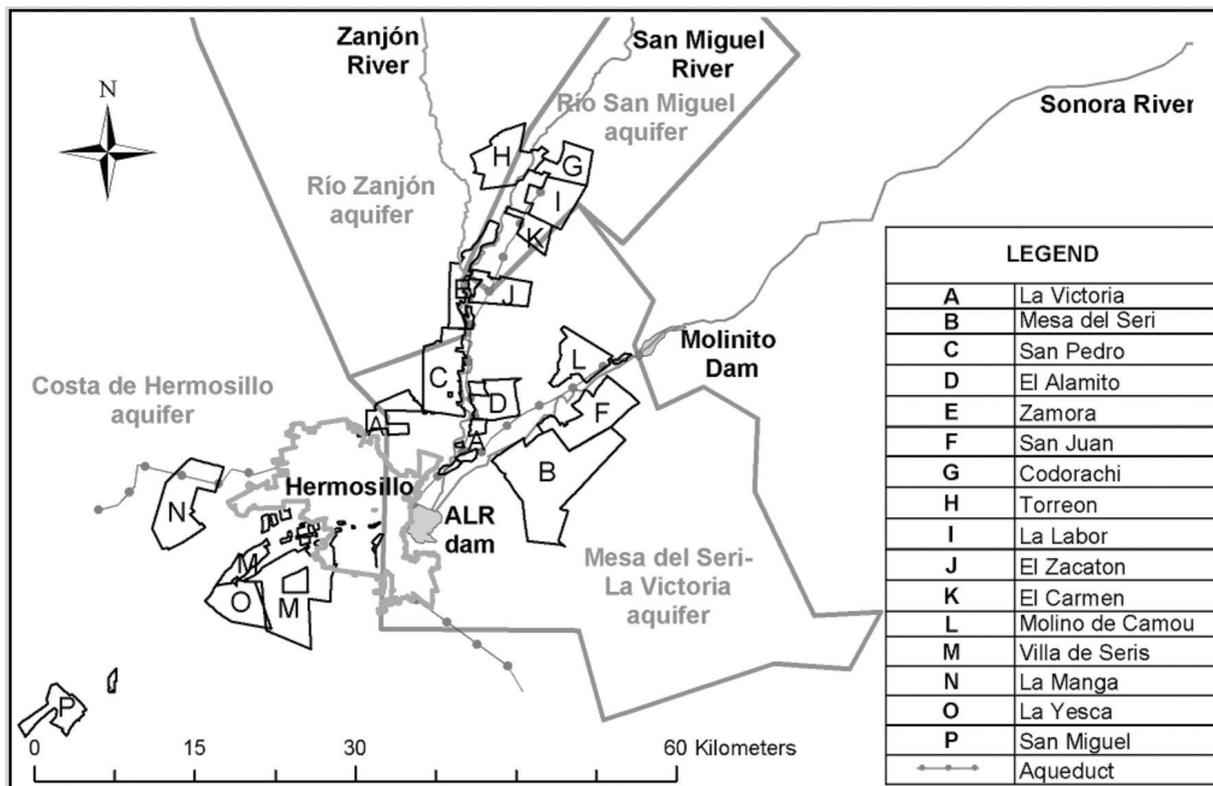


Figura 5-19. Ejidos periurbanos de Hermosillo. Fuente: Diaz-Caravantes and Sánchez-Flores 2010.

Todos estos 16 ejidos fueron perjudicados en algún grado por las estrategias de abastecimiento de agua de la ciudad de Hermosillo.

Utilizando los métodos de percepción remota en combinación con la visita y observación directa, se pueden observar importantes cambios de uso y cobertura de suelo ocurriendo en toda la zona peri-urbana, los cuales se ejemplifican en los casos del ejido La Victoria y el ejido Molino de Camou.

### ¿Cómo afecta el crecimiento de Hermosillo a los ejidos que la rodean?

Los ejidos La Victoria, Mesa del Seri, San Pedro, y El Alamito fueron perjudicados por la batería de pozos que se perforaron en sus linderos para abastecer a Hermosillo y que les redujo el acceso de agua para riego. De estos ejidos, la Victoria ha reportado además problemas de calidad de agua debido al alto índice de sales

El ejido San Juan fue afectado por el acueducto el Molinito. Antes de la existencia de este acueducto, el agua de la presa El Molinito se soltaba en distintas épocas del año y permitía que los pozos del ejido se recargasen. Sin embargo, ahora que el agua de la presa El Molinito se envía a la ciudad a través de un acueducto, los ejidatarios han visto disminuido su acceso al agua para uso agrícola (Díaz-Caravantes y Sánchez-Flores 2010).

Los ejidos Codórachi, El Torreón, La Labor, y El Carmen fueron afectados en 2006 por la compra del agua de los pozos ubicados en la zona llamada Las Malvinas en la subcuenca del Río San Miguel para abastecer de 250 lps a la ciudad a través de un acueducto de 17 kilómetros (Aguah, 2007). Estos ejidos fueron perjudicados porque ahora sus pozos agrícolas tienen que competir con los pozos de la ciudad.

El ejido Molino de Camou fue perjudicado en 1998 cuando, debido a la política de darle prioridad al agua para la ciudad, sus cultivos fueron limitados de dos ciclos agrícolas a solo uno. Sin embargo, en 2007, el ejido Molino de Camou fue capaz de negociar con la empresa administradora del agua, Agua de Hermosillo y Conagua el mejoramiento de su sistema de irrigación e incrementar su volumen de extracción de 1.4 a 2.1 Mm<sup>3</sup>.

Finalmente, los ejidos de La Manga, Villa de Seris y La Peaña, ubicados río abajo al poniente de la ciudad, desde 1996 sólo tienen acceso a las aguas residuales de la ciudad. Por ello, han visto limitadas sus opciones de siembra al cultivo de forrajes y, a pesar de que la cantidad de agua se ha ido incrementando, es de muy mala calidad (Scott & Pineda Pablos, 2011).

En la Victoria debido a la escasez de agua en sus pozos agrícolas, por la cercanía de pozos urbanos, muchos ejidatarios han parado definitiva o parcialmente la actividad agrícola en su parcela. La información obtenida mediante percepción remota confirma esta drástica disminución en los últimos casi 20 años. Lo mismo sucede con muchos ejidos y agricultores privados ubicados en el área periurbana. De hecho, el uso del suelo agrícola disminuyó en el área periurbana del 19.1 por ciento en 1987 a 6.8 por ciento en el 2007 en el área periurbana de Hermosillo.

### ***Vulnerabilidad institucional***

La vulnerabilidad de la ciudad de Hermosillo a la variabilidad climática también está determinada por las instituciones encargadas de la política hidráulica. Si las instituciones son capaces de recopilar y ordenar la información, planear y fijarse metas y alcanzarlas, entonces estamos hablando de que hay instituciones capaces de proponer y dirigir las políticas de adaptación a la variabilidad climática. Pero si las instituciones no cuentan con la estabilidad necesaria para la toma de decisiones y sostener políticas de cambio estructural, entonces estamos frente a un caso de vulnerabilidad institucional (Wilder et al. 2010; Barkin and Klooster 2006). A fin de presentar la debilidad institucional de la política hidráulica en Hermosillo, se presentan cuatro aspectos críticos: la ausencia de planeación, la falta de continuidad en la dirección, la debilidad de la participación social y la fragilidad financiera.

Primeramente, no se cuenta con un ente u organismo que lleve a cabo la planeación integral de la cuenca del río Sonora de manera real y operativa. Aunque la Ley de Aguas Nacionales de (art. 13) prevé la creación de consejos de cuenca como una instancia en la que se coordinen la CONAGUA, las autoridades locales y los diferentes tipos de usuarios del recurso con el objeto de “formular y ejecutar programas y acciones para la mejor administración de las agua, el desarrollo de la infraestructura hidráulica y de los servicios respectivos y la preservación de los recursos de la cuenca”, En el caso de la cuenca del río Sonora, es un consejo inexistente.

No hay un consejo de cuenca propio del río Sonora, sino que está agrupado junto con las cuencas del río Concepción y del río Sonoyta en lo que se denomina Consejo de Cuencas del Alto Noroeste, instalado el 19 de marzo de 1999. Esta integración de cuencas parece sugerir que la cuenca del río Sonora, a pesar de que alberga a la ciudad más poblada e importante del estado, no requiere de un consejo propio o sus asuntos no son lo suficientemente relevantes para ameritar un consejo exclusivo para esta cuenca. Por otra parte, a lo largo de más de diez años, sus reuniones y agenda de trabajo han evitado de manera sistemática abordar los problemas más relevantes de esta cuenca y se ha dedicado solamente a encargar estudios y crear comisiones que nada resuelven. Su desempeño revela además la incapacidad de la CONAGUA, como su principal agente promotor, para impulsar acciones coordinadas y concertadas con los usuarios y un aparente déficit de representatividad en su integración. A fin de cuentas, lo que se infiere es una falta de voluntad política para impulsar una verdadera instancia local de deliberación y toma de decisiones para la cuenca del río Sonora (Sánchez Meza 2008:43).

Como segundo elemento de la vulnerabilidad institucional local está la falta de estabilidad institucional y de una dirección continua en la gestión urbana del agua en Hermosillo. Esta falta de estabilidad y de una política continua se pone de manifiesto con la rotación frecuente de los directores del organismo y en sus frecuentes cambios de política y de proyectos de infraestructura. Se aprecia que mientras más frecuente es el cambio de directores, más se afectan las políticas de desempeño y más deficiente es el desempeño de los organismos. De 1992 a 2010, el organismo de agua potable de Hermosillo no sólo ha cambiado varias veces su marco institucional legal y su razón social, sino que además ha tenido en esos 18 años 10 directores generales.<sup>2</sup> O sea que los directores han tenido una duración promedio de 1.8 años. De manera similar, la junta de gobierno que toma las decisiones estratégicas del organismo operador, que es presidida por el presidente municipal, cambia su composición al menos cada tres años, cuando se renueva el ayuntamiento. La consecuencia de esta rotación frecuente de directivos y de integrantes de la junta de gobierno y de directivos del organismo es la ausencia de planes y programas de mediano y largo plazo que propicien el desarrollo y avance de la capacidad institucional del organismo y en cambio favorece la prevalencia de medidas y acciones cortoplacistas que generalmente atienden más a las coyunturas político-electorales más que la prestación de un servicio de calidad.

Como tercer elemento de vulnerabilidad local está el hecho de que la participación social en la toma de decisiones estratégicas del organismo es débil y restringida. Esta participación se da principalmente a través de un consejo consultivo ciudadano, creado desde 1993 (Güereña de la Llata 2004). No existe un reglamento que defina cómo deben de nombrarse sus integrantes. Desde su inicio, sin embargo, el

<sup>2</sup> Los diez directores del organismo de agua potable de Hermosillo de 1992 a 2010 son los siguientes: Ing. Mario Yeomans Martínez, Ing. Humberto Valdez R. Sánchez, Sr. Juan R. Heguertty Urrea, Ing. Fco J. Hernández Armenta, Ing. Carlos Daniel Fernández, Arq. Enrique Flores López, Ing. Virgilio López Soto, Ing. Jorge Amaya Acedo, Cp. Enrique A. Martínez Preciado, y Ing. José Luis Jardines Moreno.

## Moving Forward from Vulnerability to Adaptation

consejo ha estado dominado por representantes de la iniciativa privada. El representante de la Unión de Usuarios que era tal vez el más “popular” de los miembros, renunció al mismo y prefirió continuar como observador. De acuerdo a la Ley Estatal de Aguas (Gobierno del Estado de Sonora 2006), este consejo sólo tiene la función de opinar, recomendar y proponer sobre la gestión del organismo. En la práctica su grado de participación y actuación ha variado de acuerdo con las ideas y criterios del presidente municipal en turno. Así ha habido períodos de gobierno, como el de 2003-2006 en el que estuvo bastante activo y otros como el de 2006-2009 en el que su participación y actuación decayó bastante. En el año 2009, el nuevo presidente municipal redujo el número de sus miembros e introdujo la modalidad de un nuevo consejo técnico que lo asesorara en la conducción del organismo. A fin de tener una mayor legitimidad y gobernabilidad, hace falta construir una participación social más amplia y permanente que participe en la planeación hidráulica de la ciudad y en la gestión de la cuenca.

Por último, está la capacidad financiera del organismo Agua de Hermosillo. De acuerdo a la calificadora de riesgo Fitch México (2011), Agua de Hermosillo tiene una calificación crediticia de “BBB”. Esto significa que su calidad crediticia es adecuada pero “cambios en las circunstancias o condiciones económicas pueden afectar su capacidad de pago oportuno”. En esta misma evaluación del desempeño de organismos de agua, los organismos de Mexicali, Tijuana, Monterrey y Torreón están calificados con “A” y el organismo de León está calificado con “AA”. Entre los factores positivos de Agua de Hermosillo están que tiene una favorable estructura y perfil de vencimiento de la deuda bancaria; que tiene buenos niveles de cobertura de servicios y que cuenta con el respaldo financiero del Municipio de Hermosillo (calificado con A+). Por otra parte, entre sus limitantes se señalan los déficits recurrentes, el bajo nivel de cobertura en el tratamiento de aguas residuales, los débiles indicadores de eficiencia física y global, los altos requerimientos de inversión en infraestructura, la dependencia de aportaciones federales, estatales y municipales y los frecuentes cambios en los directivos del organismo.

### ***Vulnerabilidad y capacidad adaptativa en Hermosillo***

Una vez revisados los datos e información disponibles más relevantes de la cuenca del río Sonora, así como sobre los consumos que hacen la ciudad y los usos agrícolas cercanos, podemos responder a las preguntas planteadas al principio de este trabajo de la siguiente manera:

#### ***¿Cómo se define la vulnerabilidad urbana del sector agua en Hermosillo?***

La vulnerabilidad del sector agua de Hermosillo se define por la sobreasignación (o concesión excesiva) de derechos de agua, la sobreexplotación o utilización excesiva de las dotaciones, la desecación de la presa Abelardo L. Rodríguez y el agotamiento de los cuerpos superficiales de agua, el abatimiento de los pozos de agua subterránea y la escasez relativa “socialmente construida” de agua limpia. Esta escasez es socialmente construida porque no es provocada por la naturaleza sino por el crecimiento urbano y el uso dispendioso y desordenado del recurso.

Esta vulnerabilidad se hace más evidente si se toma en cuenta la probabilidad de contar con más días calurosos y sequías más intensas en los años venideros como efecto del cambio y la variabilidad climática.

Si se mantienen los patrones de consumo de la última década del siglo XX y la primera del XXI, la ciudad no cuenta entonces con agua suficiente para sostener el crecimiento urbano alcanzado y alentar el crecimiento en el futuro.

*¿Cuál es la capacidad institucional de Hermosillo para desarrollar estrategias de adaptación para la gestión del agua en un horizonte de 5 a 20+ años?*

No hay capacidad institucional para ordenar y planear los usos y extracciones de agua para hacer frente a la reducción de la disponibilidad de agua a mediano plazo. No existen actualmente las instituciones que pongan orden y establezcan el equilibrio entre el uso agrícola y el uso urbano, reduzcan de manera efectiva las pérdidas e impulsen niveles aceptables de eficiencia y equidad.

Las dos instituciones que pudieran ser estratégicas en la adopción de medidas de adaptación son el Consejo de Cuenca y el organismo operador no cuentan con capacidad suficiente o no son funcionales para estos propósitos.

El Consejo de Cuenca del Alto Noroeste y la Comisión de Cuenca del Río Sonora, que pudieran ser instancia de concertación y desarrollar estrategias y planes de adaptación, no tienen facultades suficientes. Estas instancias de participación y concertación no son operativas y su funcionamiento es meramente simbólico.

Por otra parte, ni organismo operador ni el gobierno municipal local han sido capaces de planear los usos urbanos de agua a mediano y corto plazo. Su principal impedimento es la brevedad de sus administraciones y la rotación de los directivos que no permite elaborar y poner en práctica planes y programas sostenidos más allá de su horizonte de gobierno de tres años. De hecho, el marco institucional actual favorece más bien la toma de decisiones de corto plazo orientadas a fines político-electorales.

Tal vez por ello, la respuesta que se ha venido impulsando hasta ahora no es la de planear de una manera más sustentable y equilibrada los usos agrícolas y el consumo urbano, sino la búsqueda de nuevas fuentes de suministro más lejanas y más costosas. A pesar de su alto costo financiero, se considera más viable la construcción de grandes obras de ingeniería que la planeación, la reducción de las asignaciones, el control de las extracciones y la modificación de los usos y conductas de los consumidores.

*¿Cómo puede ser institucionalizada en Hermosillo la capacidad de los administradores del agua y los planificadores de la preparación a utilizar la ciencia del clima y la información? ¿Y cómo pueden hacerlo de manera que se mejore la capacidad de tomar de decisiones para adaptar?*

Para institucionalizar la capacidad adaptativa de la gestión del agua en Hermosillo, se propone crear instancias institucionales de concertación y toma de decisiones para la planeación y las medidas de ajuste que sean necesarias en el ordenamiento de la cuenca y el crecimiento de la ciudad.

Entre las principales medidas tendentes a crear e impulsar estas instancias de planeación, se identifican las siguientes cinco líneas de actividad:

- Convertir al Consejo Consultivo en una instancia de deliberación y planeación. Esto es: Impulsar la creación y desarrollo de una instancia de planeación del abasto y consumo urbanos de agua a mediano y largo plazo dentro del organismo operador de agua de la ciudad. Esta instancia pudiera ser el consejo consultivo de Agua de Hermosillo el cual, de manera

## Moving Forward from Vulnerability to Adaptation

coordinada con el Instituto Municipal de Planeación del Gobierno local, si su presidencia deja de recaer en el presidente municipal y sus miembros son seleccionados con criterios técnicos y ciudadanos por períodos ajenos a los calendarios político-electorales, de manera que tenga una mayor capacidad de planeación y sus decisiones se orienten a la adopción de medidas de mediano y largo plazo.

- Hacer operativo el Consejo de Cuenca del Río Sonora. Estos es: Crear un órgano de deliberación y concertación donde concurren los usuarios del agua de la cuenca y las autoridades hidráulicas a fin tomar las decisiones y medidas para la gestión sustentable del recurso a mediano y largo plazo. Este órgano puede ser un Consejo de Cuenca del Río Sonora que está previsto que desarrolle estas funciones.
- Crear un sistema de información útil, continuo, sistemático y accesible sobre los usos del agua tanto en la cuenca como en la ciudad. Este sistema de información debe estar orientado a la toma de decisiones informada, la planeación y la evaluación de los usos del agua y de las instancias reguladoras del recurso.
- Profesionalizar al organismo operador Agua de Hermosillo. Esto implica en primer lugar que la designación de su director general no se haga por el presidente municipal cada tres años de manera libre y reservada, sino en base a concurso, por una comisión técnica y por períodos más largos que los tres años que duran actualmente los gobiernos municipales. Este tipo de administración en base a desempeño se deberá de replicar en los mandos medios del organismo de modo que se alcance la profesionalización de la gestión urbana del agua. Además, la gestión de los directores generales y de área deberá de ser evaluada periódicamente por instancias técnicas, independientes y externas con base en indicadores previamente establecidos.
- Impulsar la participación ciudadana en la gestión del agua. Esto implica impulsar canales diversos para la participación informada de los medios, los analistas, académicos y ciudadanos interesados en la gestión urbana sustentable del agua en Hermosillo.

*¿De qué manera la resiliencia de los recursos hídricos en Hermosillo ante las condiciones climáticas (incluyendo la incertidumbre) puede ser mejorada a través de la integración de la ciencia e información climática en los procesos de planificación?*

La resiliencia o capacidad de respuesta y recuperación del medio ambiente de la ciudad de Hermosillo está estrechamente vinculada al desarrollo urbano ordenado de la ciudad. Si se logra moderar y regular el crecimiento, se podrá apoyar y mejorar la resiliencia y la adopción de medidas adecuadas para un desarrollo sustentable más armónico con el medio ambiente y las incertidumbres del cambio climático.

En el esquema de “desarrollo” orientado al aumento de la oferta, los sectores más vulnerables y afectados por la “escasez relativa” son la población pobre y los ejidos periurbanos. Entre la población pobre destaca aquella que carece de las viviendas y del equipo de acondicionamiento adecuados para mitigar el calor y que estimada como la cuarta parte de la población. Esta población habita particularmente en los asentamientos informales, llamados “invasiones”, que frecuentemente carecen del servicio de agua corriente y viven en viviendas precarias. El otro grupo vulnerable es el sector rural y semirural que rodea la ciudad en los ejidos periurbanos, cuyas actividades agropecuarias se han visto afectadas por la reducción de su acceso al agua o porque se ha visto obligado a utilizar las aguas residuales no tratadas.

En una mirada general a la gestión del agua y los retos que enfrenta la ciudad de Hermosillo, se puede resumir en los siguientes puntos:

- Ha habido una sobreasignación (concesión excesiva) y una extracción excesiva de derechos tanto de aguas superficiales como subterráneas en los acuíferos que rodean a la ciudad de Hermosillo. Esta sobreasignación se agrava con la proclividad de los concesionarios a extraer más agua de la que tienen concesionada.
- Esta sobreasignación y la excesiva extracción de aguas superficiales aparentemente responden al período de abundancia relativa de aguas de los ochenta y principios de los noventa, pero es motivo de severa crisis en los períodos de sequía y disminución de las lluvias y los escurrimientos de agua.
- La sobreasignación y la excesiva extracción de aguas subterráneas aparentemente responden a conductas individuales de maximización de beneficios que afectan directamente el comportamiento conjunto de los usuarios y produce a mediano plazo el encarecimiento de los costos de extracción y el agotamiento de los acuíferos.
- La sobreasignación y sobreexplotación del agua de la cuenca en torno a Hermosillo afectan directamente y reduce la disponibilidad de agua para la ciudad de Hermosillo.
- La gestión del agua en la ciudad de Hermosillo ha estado orientada principalmente a la construcción de obras de infraestructura de gran ingeniería que aumentan el abasto de agua. Ha sido una gestión orientada a la oferta.

Por otra parte, la gestión del agua en la ciudad de Hermosillo ha descuidado el control de las pérdidas en la red y la administración del consumo (o demanda) por medio de los sectores hidrométricos, la medición, el cobro en base a volúmenes de agua consumidos y la sanción a los que no pagan el servicio.

Los sectores más afectados y vulnerables a la escasez relativa de agua son la población de menores ingresos, sobre todo aquella que carece del servicio, y la población que vive en los ejidos periurbanos que han visto seriamente afectados su acceso al agua, sus actividades agropecuarias y sus modos de vida.

Esta situación se agrava por la ausencia de instituciones que puedan llevar a cabo la planeación y gestión integral de la cuenca y de los consumos urbanos de agua. El Consejo de Cuenca del Alto Noroeste no ha funcionado en lo que respecta a la planeación y diagnóstico de los usos del agua en la cuenca del río Sonora. Igualmente tanto la Junta de Gobierno como el Consejo Consultivo de Agua de Hermosillo están severamente limitados por sus períodos de tres años y por sus facultades legales limitadas.

A fin de ordenar y ajustar la gestión de las extracciones y usos del agua en la cuenca se requiere la gestión integral de la cuenca. Esto implica primeramente hacer un inventario y priorizar los usos agrícolas, urbanos e industriales de agua. Esta gestión deberá además de articularse con la gestión ambiental de la cuenca y su capacidad de sustentación de la vida silvestre como el mantenimiento de los servicios ambientales y recreativos que provee el río Sonora. Además, para alcanzar la gobernabilidad del sector hídrico se debe fomentar la participación efectiva de toda la sociedad,

## G. Implicaciones para la planeación y el diseño de políticas públicas

**Español/** La concurrencia de los procesos físicos (de los recursos hidráulicos) y de los institucionales en Hermosillo, presentados y analizados en este estudio de caso, aportan bastantes elementos para tratar de contestar las preguntas planteadas al principio (véase la Introducción). Primero, la vulnerabilidad urbana del sector agua en Hermosillo es de origen tanto social como hidroclimático. Aunque la infraestructura urbana puede aliviar temporalmente el estallamiento de una crisis grave, el manejo adaptativo continua siendo un objetivo lejano. Segundo y derivado de lo anterior, la capacidad institucional de Hermosillo para desarrollar estrategias de adaptación para la gestión del agua en un horizonte de 5 a 20 o más años está aún en pañales en cuanto que las autoridades y los ciudadanos están conscientes de los retos y están adoptando medidas adaptativas; sin embargo la puesta en práctica de programas efectivos de adaptación va a requerir un decidido y sostenido compromiso público e institucional. Tercero, los flujos de información científica sobre el clima constituyen una herramienta poderosa, pero todavía subdesarrollada, para enfrentar la variabilidad hidroclimática. Esto se aprecia en la sección titulada “Vulnerabilidad y capacidad adaptativa en Hermosillo.” Finalmente, la resiliencia, como la capacidad para responder de manera flexible a los impactos y a los disparadores internos y externos de crisis, actualmente depende de soluciones de infraestructura. Pero, a fin de mejorar la planeación y los resultados a largo plazo, hace falta que se desarrollen mecanismos para la construcción de capacidades, el aprendizaje social y la respuesta adaptativa.

**English/** The confluence of physical (water resources) and institutional processes in Hermosillo presented and analyzed in this case study permit greater insight on the questions posed at the outset (see Introducción, above). First, urban water sector vulnerability in Hermosillo is both social and hydroclimatic in origin. Infrastructure development may have temporarily alleviated overt crisis but adaptive management remains an elusive goal. Second and following the observation just made, Hermosillo’s institutional capacity to develop adaptation strategies for water development over the next 5 to 20+ years is nascent in the sense that authorities and citizens are acutely aware of the challenges and are grappling with adaptive responses; however, their implementation in effective adaptation programs will required sustained institutional and public commitment. Third, climate science information flows present a powerful, but as yet underdeveloped, tool to address hydroclimatic variability. This is commented on in the previous section titled “Vulnerabilidad y capacidad adaptativa en Hermosillo.” Finally, resilience as the ability to respond flexibly to shocks and internal as well as external triggers of crisis currently relies heavily on infrastructure solutions. Capacity building, social learning, and adaptive response mechanisms must be developed to accompany investments in infrastructure in order to improve planning and enhance social outcomes over the long term.

**Cuadro 5-10. Resumen de indicadores de vulnerabilidad hídrica urbana.**

Tipos de vulnerabilidad	Indicadores	Hermosillo
Demográfica y socioeconómica	Características del crecimiento (actual y proyectado) Niveles de pobreza y desigualdad Vivienda e infraestructura Desarrollo desigual	Patrón de crecimiento rápido y acelerado Alto nivel de pobreza (24por ciento) Asentamientos informales (no planeados) con viviendas precarias, sin infraestructura ni servicios
Biofísica y climática	Variabilidad climática y cambio climático	Altas temperaturas Períodos largos de verano Sequías periódicas Posibilidad de chubascos y tormentas tropicales intensas con inundaciones
Institucional y de gobernanza	Instituciones locales de planeación Gestión integral Conocimiento y transparencia informativa Participación social	Ausencia de planeación efectiva Carencia de instituciones planeadoras Falta de instrumentos para la gestión integral Desvinculación de gestión hídrica e información climática Información dispersa y sin diagnóstico Canales precarios de participación social
Científica y tecnológica	Infraestructura hidráulica Información climática adecuada Utilización de estrategias alternativas de ahorro y conservación	Red de distribución deteriorada y con altos índices de pérdida de agua Sectores hidrométricos subutilizados Bajo nivel (10por ciento) de tratamiento de aguas residuales. Planta proyectada en proceso. Dependencia (actual y futura) de transferencias de agua de otra cuenca Uso limitado de información climática y su vinculación con la disponibilidad de agua en la cuenca Utilización de tandeo, tinacos y dispositivos ahorradores de agua.
Del medio ambiente	Acceso confiable a agua potable y al saneamiento Presencia de enfermedades relacionadas con el clima Salud e impactos en el medio ambiente (ecosistema)	Sectores significativos de población sin servicio de agua entubada y sin conexión al drenaje, sobre todo en asentamientos irregulares (invasiones) Enfermedades gastrointestinales, deshidratación y golpes de calor. Deterioro e impacto ambiental en los usos del suelo en la periferia urbana.

## Referencias

- AGUAH. (2007). *Programa Municipal de Agua Potable, Alcantarillado Sanitario, Saneamiento y Disposición de Aguas Residuales 2007-2009*. Hermosillo, Sonora: Agua de Hermosillo.
- AUDR051. (s.f.). *Asociación de Usuarios del Distrito de Riego 051*. Recuperado el 15 de marzo de 2011, de <http://audr051.com.mx>
- Barkin, D., and Klooster, D. (2006). *Water Management Strategies in Urban Mexico: Limitations of the Privatization Debate*. Tampa: University of South Florida.
- Barrón, M. (2009). Temperaturas y luevias: Registros históricos de Hermosillo 1965-2008. Hermosillo: Comisión Nacional del Agua.
- Brito-Castillo, L., Crimmins, M. A., and Diaz C., S. C. (2010). Clima. En F. E. Molina Freaner, and T. R. Van Devender, *Diversidad biológica de Sonora* (págs. 73-96). México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Castro, J. (2007). Poverty and citizenship: sociological perspectives on water services and public-private participation. *Geoforum*, 38, 756-771.
- Cavazos, T., Turrent, C., and Lettenmaier, D. (2008). Extreme precipitation trends associated with tropical cyclones in the core of the North American monsoon. *Geophysical Research Letter* 35, L21703, doi:10.1029/2008GL035832.
- Comisión Estatal del Agua y Servicios de Consultoría y Asesoría para Evaluación de Proyectos. (2010). *Análisis Costo-Beneficio Social del proyecto de abastecimiento de agua potable "Acueducto Independencia" para Hermosillo, Sonora*. Hermosillo, Son. : [www.ampres.com.mx](http://www.ampres.com.mx).
- Comisión Nacional del Agua. (2004). *Manejo integrado y sostenible del agua en la Costa de Hermosillo y cuenca del río Sonora. Fase II*. México: Programa de Modernización del Manejo del Agua.
- CONAGUA. (1994). *La situación del subsector de agua potable y alcantarillado al 31 de diciembre de 1992*. México: Comisión Nacional del Agua.
- CONAGUA. (1997). *La situación del subsector de agua potable y alcantarillado al 31 de dicimebre de 1995*. México: Comisión Nacional del Agua.
- CONAGUA. (2006). *Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Edición 2006*. México: Semarnat-Comisión Nacional del Agua.
- CONAGUA. (2007). *Plan director para la modernización integral del distrito de riego 051 Costa de hermosillo, Sonora. Informe Final*. México: Subdirección General de Infraestructura Hidroagrícola y Colegio de Posgraduados Consultor .
- CONAGUA. (2007). *Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Edición 2007*. México: Semarnat- Comisión Nacional del Agua.
- CONAGUA. (2008). *Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Edición 2008*. México: Semarnat-Comisión Nacional del Agua.
- CONAGUA. (2009, 28 de agosto). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea. Acuífero 2624, Río Sonora, Estado de Sonora*.

- CONAGUA. (2009). *Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Edición 2009*. México: Semarnat-Comisión Nacional del Agua.
- CONAPO. (2006). *Índices de marginación 2005*. México: Consejo Nacional de Población.
- CONEVAL. (2007). *Mapas de pobreza por ingresos y rezago social 2005*. México: Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social.
- Contreras, C. (2008, 20 de abr. de). El Molinito, garantía de vida de 50 años. *El Imparcial*, pág. 2 Gral.
- Cotler, H., Garrido, A., Mondragón, R., and Diaz, A. (2007). *Delimitación de cuencas hidrográficas de México*. México: INEGI-INE-CONAGUA.
- Dalhuisen, J., Florax, R., De Groot, H., and Nijkamp, P. (2003). Price and Income Elasticities of Residential Water Demand: A Meta-Analysis. *Land Economics*, 79(2), 292-308.
- Del Castillo Alarcón, J. M. (1994). Protección y restauración ecológica-ambiental de la Presa Abelardo Rodríguez Luján, en Hermosillo, Sonora. *Estudios Sociales*, 65-102.
- Del Río Sánchez, M. D. (2005). *Segundo Informe de Gobierno*. Hermosillo: Gobierno Municipal de Hermosillo.
- Diaz-Caravantes, R. E., and Sánchez-Flores, E. (2010). Water transfer effects on peri-urban land use/land cover: A case study in a semi-arid region of Mexico. *Applied Geography*, 413-425.
- Eakin, H., Magaña, V., Smith, J., Moreno, J., Martínez, J., and Landavazo, O. (2007, June). A stakeholder driven process to reduce vulnerability to climate change in Hermosillo, Sonora, Mexico. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 12(5), 935-955.
- Elías Calles, R. (1934). *Memoria General. Informe rendido por el C. Rodolfo Elías Calles Gobernador Constitucional del Estado ante la H. XXXII Legislatura Local, el 16 de septiembre de 1934*. Hermosillo, Son.: Imprenta y Fotograbado "Cruz Galvez".
- Fitch Ratings Mexico. (2011). "Fitch Ratings ratifica la calificación del Organismo de Agua de Hermosillo (Aguah)". [www.fitchmexico.com](http://www.fitchmexico.com).
- Galaz, F. A. (1996). *Dejaron huella en el Hermosillo de ayer y de hoy* (2a. ed.). Hermosillo: Gobierno del Estado de Sonora.
- Gandara Magaña, J. (. (2010). *Primer Informe de Gobierno 2009-2012*. Hermosillo: Gobierno Municipal.
- Gartland, L. (2008). *Heat Islands: Understanding and Mitigating Heat in Urban Areas*. London: Earthscan.
- Gobierno del Estado de Sonora. (2006). *Ley de agua del Estado de Sonora Nom. 249*. B.O. Num. 51, secc. 1, 26 junio 2006, Hermosillo, Son.
- Gobierno del Estado de Sonora. (2010). *Con un llamado a la unidad de los sonorenses anuncia Padrés tres grandes obras*. Boletín de Prensa 2 junio 2010, Hermosillo.
- Gobierno del Estado de Sonora. (2010). *Programa Sonora SI, Sistema Integral*. Recuperado el 15 de mar de 2011, de <http://www.sonorasi.mx>
- Gobierno Municipal de Hermosillo. (2006). *Programa de Desarrollo Urbano. Actualización 2006*. Hermosillo: Instituto Municipal de Planeación.

## Moving Forward from Vulnerability to Adaptation

- Gobierno Municipal Hermosillo 2003-2006. (2004). *Programa de Reparto de Agua*. Hermosillo: Dirección de Sanidad y Limpia.
- Gochis, D. (Enero-junio de 2009). El Monzón de América del Norte. *Sonárida*, 14(27), 49-54.
- Güereña de la Llata, L. F. (2004). *Participación de la sociedad civil a través de los consejos consultivos en los organismos operadores de agua*. Foro Agua 2004, Hermosillo, Son. .
- Gutiérrez-Ruacho, O. G., Brito-Castillo, L., Diaz-Castro, S., and Watts, C. (2010). Trends in rainfall and extreme temperatures in Northwestern Mexico. *Clim. Res.*, 43: 133-142.
- INEGI. (2011). *México en cifras. Información por entidad federativa y municipios*. Recuperado el 11 de abril de 2011, de [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx)
- IPCC [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. (2007). *Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press,.
- Jambry, A. d., Gordillo, G., and Saoulet, E. (1997). *Mexico's second agrarian reform: Household and community responses 1990-1994*. La Jolla, CA: Center for U.S.-Mexican Studies, University of California.
- Larios Gaxiola, J. (2010). *Ponencia presentada en Panel 17 nov. 2010*. Hermosillo, Son.: El Colegio de Sonora.
- Molina Molina, F. (1983). *Historia de Hermosillo antiguo*. Hermosillo, Son.
- Moreno Vázquez, J. L. (2006). *Por debajo del agua*. Hermosillo: El Colegio de Sonora.
- Nentuig, J. (1977). *El Rudo Ensayo. Descripción geográfica, natural y curiosa de la Provincia de Sonora, 1764*. México: SEP-INAH (Colección científica num. 58).
- Pineda Pablos, N. (1998). Una introducción al sistema de agua potable y alcantarillado de la ciudad de Hermosillo. En N. P. Pablos, *Hermosillo y el agua. Infraestructura hidráulica, servicios urbanos y desarrollo sostenible* (págs. 11-37). Hermosillo, Son.: El Colegio de Sonora.
- Pineda Pablos, N. (2007). Construcciones y demoliciones. Participación social y deliberación pública en los proyectos del acueducto de El Novillo y de la planta desaladora de Hermosillo 1994-2001. *Región y Sociedad*, XIX(Especial), 89-115.
- Postel, S., and Richter, B. (2003). *Rivers for Life: Managing Water for People and Nature*. Washington, D.C.: Island Press.
- Sánchez Meza, J. J. (2008). El mito de la gestión descentralizada del agua en México. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Jurídicas.
- Scott, C., and Pasqualetti, M. J. (2010). Energy and water resources scarcity: Critical infrastructure for growth and economic development in Arizona and Sonora. *Natural Resources Journal*, 50(3): 645-682.
- Scott, C., and Pineda Pablos, N. (2011). Innovating resource regimes: water, wastewater, and the institutional dynamics of urban hydraulic reach in northwest Mexico. *Geoforum* 42(4): 439-450.

Sobarzo, H. G. (1949). *Informe rendido ante la H. XXXVIII Legislatura Constitucional del Estado, de la gestión realizada por el Poder Ejecutivo y de la situación que guardan los diversos ramos de la administración pública*. Hermosillo, Son. : Gobierno del Estado de Sonora.

Stratus Consulting, Universidad Nacional Autónoma de México y El Colegio de Sonora. (2007, June). A stakeholder driven process to reduce vulnerability to climate change in Hermosillo, Sonora, Mexico. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 12(5), 935-955.

Tamayo, J. L. (2009). *Geografía Moderna de México* (12a. ed.). México: Trillas.

Velasco, J. F. (1985). *Noticias Estadísticas del Estado de Sonora (1850)* (2a. ed.). Hermosillo, Son.: Gobierno del Estado de Sonora.

Wilder, M., Scott, C. A., Pineda Pablos, N., Varady, R. G., Garfin, G. M., and McEvoy, J. (2010). Adapting across boundaries: climate change, social learning, and resilience in the U.S.-Mexico border region. *Annals of the Association of American Geographers*, 100(4), 917-928.

## **Acrónimos**

AGUAH - Agua de Hermosillo

AUDRI51 - Asociación de Usuarios del Distrito de Riego número 51

CEA - Comisión Estatal del Agua

COAPAES - Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Sonora

CONAGUA - Comisión Nacional del Agua

CONAPO - Consejo Nacional de Población

CONEVAL - Consejo Nacional de Evaluación de la Política Social

INEGI - Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática

IPCC - Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (Intergovernmental Panel on Climate Change)

SPI - Índice Estandarizado de Precipitación (Standardized Precipitation Index)

## **Abreviaturas**

°C, grados centígrados

Km, kilómetros

Lhd, litros por habitante por día=

Lps, litros por segundo

Mm<sup>3</sup>, millones de metros cúbicos

m<sup>3</sup>, metros cúbicos

mm, milímetro



**Moving Forward from Vulnerability to Adaptation:**

Climate Change, Drought, and Water Demand in the Urbanizing Southwestern United States and Northern Mexico



**Avanzando desde la Vulnerabilidad hacia la Adaptación:**

El Cambio Climático, la Sequía, y la Demanda del Agua en Áreas Urbanas del Suroeste de los EEUU y el Norte de México



**CASEBOOK Ambos Nogales • Puerto Peñasco • Tucson • Hermosillo**

Edited by Margaret Wilder, Christopher A. Scott, Nicolás Pineda-Pablos,  
Robert G. Varady, and Gregg M. Garfin

Prepared by

**UASCIENCE**  
THE UNIVERSITY OF ARIZONA  
COLLEGE OF SCIENCE

**Biosphere2**  
THE UNIVERSITY OF ARIZONA

**Udall Center**  
for Studies in  
Public Policy

**CLIMAS**  
Climate Assessment for the Southwest

**School of Natural Resources  
and the Environment**

**THE UNIVERSITY  
OF ARIZONA**

In collaboration with

**GONACYT**

**UNAM**

**EL COLEGIO  
DE SONORA**

Supported by

**NOAA**

**IAI**

**NSF**

Major research support was provided by the National Oceanic and Atmospheric Administration's Sectoral Applications Research Program (NOAA-SARP) (Grant NA080AR4310704), NOAA's Climate Assessment for the Southwest (CLIMAS) Program (Grant NAG16GP2578); and the Inter-American Institute's Global Change Research Human Dimensions program (IAI) (Grant SG-HD-#005), supported by the National Science Foundation (Grant GEO-0642841).

Additional support was provided by the Morris K. and Stuart L. Udall Foundation and the Transboundary Aquifer Assessment Program.

A large portion of this material was previously published in the summer of 2011 in electronic format by the University of Arizona's Udall Center for Studies in Public Policy as part of its working paper series on Climate and Water Resources in the Arizona-Sonora Region.

<http://udall.arizona.edu/sarp>

## **Moving Forward from Vulnerability to Adaptation:**

Climate Change, Drought, and Water Demand in the Urbanizing Southwestern  
United States and Northern Mexico

## **Avanzando desde la Vulnerabilidad hacia la Adaptación:**

El Cambio Climático, la Sequía, y la Demanda del Agua en Áreas Urbanas del Suroeste de  
los EEUU y el Norte de México

Edited by Margaret Wilder, Christopher A. Scott, Nicolás Pineda-Pablos,  
Robert G. Varady, and Gregg M. Garfin

With contributions by

Rachel Beaty, Luís Brito, Anne Browning-Aiken, Delphine Clavreul, Rolando Díaz-Caravantes, Gregg M. Garfin,  
Oscar Lai, Jamie McEvoy, Emily McGovern, Barbara Morehouse, José Luís Moreno, Carolina Neri,  
Lucas Oroz, Nicolás Pineda-Pablos, Andrea Prichard, Alejandro Salazar-Adams,  
Christopher A. Scott, Jeremy Slack, Robert G. Varady, Christopher Watts, and Margaret Wilder

January 2012

**Moving Forward from Vulnerability to Adaptation**  
**Avanzando desde la Vulnerabilidad hacia la Adaptación**

Edited by Margaret Wilder, Christopher A. Scott, Nicolás Pineda-Pablos, Robert G. Varady, and Gregg M. Garfin

Published by the Udall Center for Studies in Public Policy, The University of Arizona.  
Copyright 2012 by the Arizona Board of Regents.  
All rights reserved.

ISBN 978-1-931143-42-4

Udall Center Publications  
Robert Merideth, Editor in Chief  
Emily McGovern, Editorial Associate  
Ariel Mack, Graphic Designer

Editing by Emily McGovern  
Design and layout by Renee La Roi

Udall Center for Studies in Public Policy  
The University of Arizona  
803 E. First St., Tucson, AZ 85719  
(520) 626-4393  
udallcenter.arizona.edu

Cover photos, clockwise from top left:  
Ambos Nogales, courtesy of [www.nogales-mexico.com](http://www.nogales-mexico.com); Puerto Peñasco, Jamie McEvoy; Tucson, istock;  
Hermosillo, Nicolás Pineda

Please cite this document as:

Wilder, M, C. A. Scott, N. Pineda-Pablos, R. G. Varady, R. G., and G. M. Garfin (eds.). (2012). Moving Forward from Vulnerability to Adaptation: Climate Change, Drought, and Water Demand in the Urbanizing Southwestern United States and Northern Mexico. (Avanzando desde la Vulnerabilidad hacia la Adaptación: El Cambio Climático, la Sequía, y la Demanda del Agua en Áreas Urbanas del Suroeste de los EEUU y el Norte de México.) Tucson: Udall Center for Studies in Public Policy, The University of Arizona.

## CONTRIBUTING RESEARCH GROUPS

### **National Oceanic and Atmospheric Administration, Sectoral Applications Research Program (NOAA-SARP) Research Group**

Robert Varady (PI), UA  
Margaret Wilder (Deputy PI), UA  
Christopher Scott (Co-PI), UA  
Gregg Garfin, UA  
Nicolás Pineda Pablos, Colegio de Sonora  
Chris Watts, Universidad de Sonora  
Barbara Morehouse, UA  
Andrea Ray, NOAA  
Brad Lyon, International Research Inst. for Climate & Society (IRI)  
George Frisvold, UA  
Patricia Romero-Lankao, National Ctr. Atmo. Res. (NCAR)  
Dave Gochis, NCAR  
Jamie McEvoy, UA  
Oscar Lai, UA

### **Climate Assessment for the Southwest (CLIMAS)**

Gregg Garfin, UA  
George Frisvold, UA  
Margaret Wilder, UA  
Rolando Díaz-Escalante, UA  
Rachel Beaty, UA

### **Inter-American Institute for Global Change Research (IAI) Research Group**

Christopher Scott (PI), UA  
Robert Varady (Co-PI), UA  
Nicolás Pineda, (Co-PI), Colegio de Sonora  
Alejandro Salazar, Col. de Sonora  
Margaret Wilder, UA  
Gregg Garfin, UA  
René Lobato, Mexican Institute of Water Technology (IMTA)  
Martín Montero, IMTA  
Graciela de Raga, UNAM  
Barbara Morehouse, UA  
Anne Browning-Aiken, UA  
Luís Farfán, Ctr. for Scientific Research and Higher Education (CICESE), La Paz  
Luís Brito, Ctr. for Biological Research of the Northwest (CIBNOR), Guaymas  
Ashley Coles, UA  
Kerri Jean Ormerod, UA

### **U.S.-Mexico Transboundary Aquifer Assessment Program (TAAP)**

Sharon Megdal, UA  
Christopher Scott, UA  
James Callegary, U.S. Geological Survey  
Andrea Prichard, UA

With support from the

### **ICAD (International Consortium of Adaptation in Drylands)**

Joaquin Ruiz, Dean, College of Science, UA  
Carlos Gay Garcia, Director, Center for Atmospheric Sciences, UNAM  
Charles Hutchinson, UA  
Carlos Arámburo de la Hoz, UNAM  
Travis Huxman, UA  
Mitchell Pavao-Zuckerman, UA  
Angelina Martínez-Yrizar, UNAM  
Alberto Búrquez-Montijo, UNAM  
Laura López-Hoffman, UA  
Karl Flessa, UA  
Adrian Quijada-Mascareñas, UA  
Christopher Scott, UA  
Margaret Wilder, UA

**Moving Forward from Vulnerability to Adaptation**  
**Avanzando desde la Vulnerabilidad hacia la Adaptación**

## **Contents**

	Preface	vii
1	Introduction (in English and Spanish)	1
2	Ambos Nogales	17
3	Puerto Peñasco	55
4	Tucson	91
5	Hermosillo (in Spanish)	125



photo by Nicolás Pineda-Pablos

Vista del Cerro de la Campana desde el Boulevard y el canal embovedado del Río Sonora, desde el lado poniente. Entre los edificios se aprecia la silueta de la catedral.

View of the Cerro de la Campana (an Hermosillo landmark) from the boulevard and the lined canal of the Sonora River, from the west. Among the landscape of buildings can be seen the towers of the main cathedral.