

Derechos reservados de El Colegio de Sonora, ISSN 1870-3925

## Escenarios de demanda y políticas para la administración del agua potable en México: el caso de Hermosillo, Sonora

Alejandro Salazar Adams\*

Nicolás Pineda Pablos\*

**Resumen:** Hermosillo es una ciudad con crecimiento poblacional alto, pero el recurso agua es limitado. En este artículo se hace la proyección de escenarios de demanda del líquido y de las políticas para su administración hasta 2030. El primero de ellos es el base, donde se mantiene la ineficiencia actual. En los dos siguientes se plantea una reducción de ésta y aumento de las tarifas, y se calcula el efecto de los cambios sobre el consumo. De acuerdo con estos escenarios, se concluye que de aplicarse las medidas propuestas, es posible asegurar el abastecimiento de agua hasta 2030, si se mantiene la disponibilidad natural presente.

**Palabras clave:** manejo sostenible del agua, proyección de demanda, elasticidad precio del agua, elasticidad ingreso del agua, escenarios de políticas públicas.

**Abstract:** Hermosillo, Sonora is a city with a high demographic growth rate but with limited water resources. Three policy scenarios are projected in order to observe the effects of efficiency improvements and price adjustment policies on the total demand for water in the city until 2030. According to the scenarios, it is concluded that if policy recommendations are followed, the city can provide water to the population until 2030 using the existing

\* Profesores-investigadores del Programa de Estudios Políticos y de Gestión Pública de El Colegio de Sonora. Correos electrónicos: [asalazar@colson.edu.mx](mailto:asalazar@colson.edu.mx) / [npineda@colson.edu.mx](mailto:npineda@colson.edu.mx)

water resources, as long as current water availability remains unchanged.

*Key words:* sustainable water management, projected demand, water price flexibility, water income flexibility, public policy scenarios.

## Introducción

El incremento de la población en un país trae aparejada más demanda de bienes y servicios; entre los más importantes están los públicos, como electricidad y agua potable, pues de ellos depende en buena medida la calidad de vida y el bienestar de las personas. Si bien el crecimiento de la economía puede satisfacer con facilidad la solicitud creciente de muchos bienes y servicios, existen los que están limitados a la disponibilidad de recursos naturales y por lo tanto resienten de manera particular el aumento demográfico, tal es el caso del agua.

En México, la población, sobre todo en las ciudades, creció a una tasa anual promedio de 5 por ciento, de 1975 a 2005; en el medio rural el aumento fue de 2 y en el urbano de 6. El Consejo Nacional de Población (CONAPO 2008) ha estimado que la cantidad de habitantes de México se elevará durante las primeras tres décadas del siglo XXI a una tasa de 0.6 por ciento anual, menor a la observada hasta ahora, principalmente en las ciudades de más de cien mil habitantes será de 1.1. Esto implica que en ellas se necesitará ampliar su infraestructura de servicios durante algunas décadas más.

Mientras más sea la gente, menor será la disponibilidad de agua; en México era de 17 742 metros cúbicos por habitante ( $m^3/hab$ ) en 1950, mientras que de 4 427 en 2000 (Comisión Nacional del Agua, CONAGUA 2008). Al ritmo de crecimiento actual, la disponibilidad se reducirá a 3 783  $m^3/hab$  para 2030. Por otro lado, si bien esta cantidad se refiere al promedio nacional, la distribución del agua en el territorio mexicano impone mayores restricciones a la zona centro y norte del país, que son las más urbanizadas y de mayor crecimiento, y donde la disponibilidad es de 1 734  $m^3/hab$ , mientras que en el sureste, zona más rezagada, es de 13 097. Por ello resulta importante diseñar políticas que permitan el manejo del agua disponible en la situación actual de crecimiento poblacional en las ciudades del país.

Visto de manera esquemática, hay dos soluciones para combatir la escasez de agua en una ciudad: la orientada a atender el abasto u oferta del líquido y la dirigida a administrar su consumo o demanda. La primera es la tradicional y todavía más frecuente; se basa en el razonamiento de que si falta

agua, hay que traerla, acarrearla y conseguirla de donde se encuentre. Por lo general, esto lleva a ubicar fuentes cada vez más lejanas y a la construcción de obras como acueductos, canales, túneles, estaciones de bombeo y otras similares. Es una típica solución de obra pública de ingeniería (de varilla y cemento) que implica grandes costos, por lo general pagados con recursos fiscales, donde se involucran contratistas y constructores.

Los supuestos de esta solución son que el gobierno está obligado a suministrar el servicio al costo que sea necesario, y que el consumo de la población y del sistema urbano es el adecuado o no se cuestiona. También asume que los recursos naturales son para usarlos y consumirlos o, en todo caso, el derecho y la rentabilidad económica son mayores que los que puedan tener los usos agrícolas, rurales o de la misma naturaleza. El problema es que las obras son cada vez más costosas y su calidad a veces no es la deseable, los gobiernos no cuentan con los recursos suficientes, las ciudades pierden y desperdician gran parte del agua que ya se les está proveyendo, se daña seriamente a los usuarios agrícolas y rurales del recurso, propiciando conflictos políticos o emigración, y la naturaleza cada vez resiente más y resulta perjudicada con estas extracciones masivas. Por ello, esta opción es cada vez menos aceptable desde el punto de vista de la sustentabilidad ambiental.

La solución encaminada a administrar la demanda de agua se ha abierto paso de manera paralela a la preocupación por el cuidado del medio ambiente y la sustentabilidad de los usos del líquido. Este enfoque es adecuado cuando el consumo actual se considera alto y dispendioso. Su fundamento es que, ante un problema de escasez, lo primero que se debe atender, reducir y eliminar son las pérdidas o desperdicios. Esto conduce a ubicar y eliminar las fugas, dar un mantenimiento adecuado a las redes de suministro, revisar y suprimir los usos menos justificados, tales como el lavado de automóviles, el riego de suelos y banquetas o emplear el recurso de manera más eficiente en la higiene personal u otros.

Se trata de una solución de tipo social, que involucra tanto la planeación y manejo urbano del servicio, como los hábitos y costumbres de la población. Si bien sus costos financieros pueden ser bajos, estas medidas no sirven para el lucimiento de las autoridades, se tardan mucho tiempo en dar resultado y requieren gran dedicación y compromiso de los responsables del proceso. Los supuestos de esta administración de la demanda son que la ciudad y sus habitantes no deben derrochar el recurso, sino utilizar lo necesario para sus actividades. También se asume con frecuencia que las familias están dispuestas a sacrificar por este noble fin su comodidad y a reducir al mínimo su gasto.

El problema es que el consumo está determinado socialmente, y mucha gente no está dispuesta a reducir sus volúmenes. Su argumento es que,

mientras pague puede utilizar el agua a discreción. Esto hace, por lo tanto, que la administración de la demanda no sea sólo una cuestión de tomar conciencia y de programas de “cultura del agua”, sino que también involucra la tarifa y el cobro del suministro. Además, una vez hechos los ajustes y reducciones más obvias, las disminuciones subsecuentes se hacen cada vez más difíciles y costosas. Una dificultad de esta estrategia es que los consumos no se pueden bajar en forma indefinida y la reducción tiene un límite; en el medio semidesértico del norte de México, se maneja alrededor de 150 litros diarios por habitante, y al llegar a esta cantidad o más, el problema cambia de orden y se convierte en uno de tamaño y viabilidad urbanos.

El presente estudio busca plantear alternativas a la escasez de agua, desde la perspectiva de la administración de la demanda futura, hasta 2030, mediante la modelación del efecto del uso de diversos instrumentos en Hermosillo. Se considera el aumento en la eficiencia de la cobranza, incrementos en la tarifa con el fin de reducir la demanda per cápita y hacer financieramente sostenible la provisión del servicio y reducción de las pérdidas, también llamada agua no contabilizada. Con ello se pretende determinar si la cantidad del recurso a consumirse en el futuro requerirá fuentes nuevas o si bastaría con realizar mejoras en su administración.

Además, intenta hacer aportaciones al estudio de la demanda de agua para uso urbano, mediante la aplicación de métodos econométricos, ya que si bien existen numerosas investigaciones sobre el tema en México, son pocas las que tienen un enfoque econométrico, que permita la modelación de políticas para la planeación del abasto futuro. Entre ellos están los de García et al. (2006) y Guzmán et al. (2006), para la región de La Laguna; Jaramillo (2005), para el Estado de México y García et al. (2008), para Torreón. Esta situación contrasta con la literatura abundante que sobre el tema se ha producido en Estados Unidos (Dalhuisen et al. 2003).

En este artículo primero se describe el problema del manejo y escasez del agua en Hermosillo; en la sección Materiales y métodos se expone el modelo econométrico utilizado para proyectar los escenarios, así como los supuestos sobre los que se basan estos últimos; en Resultados y discusión se muestran los resultados de regresión y las cantidades demandadas para cada escenario y en Conclusiones y recomendaciones se resaltan los hallazgos de la investigación.

## El problema del agua en Hermosillo

Hermosillo es la ciudad más poblada y con mayor crecimiento en Sonora; en 2005 se estimó que los habitantes urbanos eran 642 mil, y su tasa de cre-

cimiento fue de 2.8 por ciento anual, de 2000 a 2005; mientras que la del estado fue de sólo 1.5. De acuerdo con las proyecciones más recientes, se espera que para 2030 tenga cerca de un millón de personas (CONAPO 2008). Sin embargo, los recursos hídricos son limitados.

En la década de 1970, la ciudad se abastecía con el agua de la presa Abelardo L. Rodríguez. Sin embargo, debido a la gran explosión demográfica en esos años, se tuvo que recurrir a otras fuentes, y se comenzó a extraer agua de pozos construidos alrededor de ella. En los años noventa, el nivel de la presa comenzó a descender, y la ciudad pasó a depender por entero de una batería de pozos ubicados en varias áreas de captación alrededor de ella (las principales eran La Mesa del Seri, el ejido La Victoria y la región Willard, esta última destinada para la zona industrial y la planta Ford de Hermosillo). De este modo, paulatinamente el abastecimiento total de agua comenzó a ser subterráneo. Lo que antes se obtenía por rodamiento, ahora se extrae con gran gasto de energía eléctrica (Pineda 2006).

Pero el problema no termina ahí, entre 2000 y 2005 el agua subterránea también dio muestras de estar disminuyendo; la producida por los pozos ha estado descendiendo; de junio de 2004 al mismo mes del año siguiente el gasto máximo de los que surten a la ciudad bajó de 3 625 litros por segundo a 2 649, es decir, una caída de 30 por ciento en tan sólo un año (López Ibarra 2005). Ante estas limitaciones y contracciones de las fuentes de suministro, la producción de agua para consumo de la ciudad ha disminuido mucho. Mientras que en 1995 se produjo un total de 95 millones de metros cúbicos ( $Mm^3$ ), a partir del año siguiente comenzó a descender y fue de 87 y de  $78 Mm^3$  en 1997. Desde entonces el volumen se ha mantenido entre los 70 y los  $80 Mm^3$  anuales.

En la actualidad, la presa Abelardo L. Rodríguez está vacía, por lo que las fuentes principales son alrededor de cien pozos que se abastecen de las aguas subterráneas y un acueducto que la conduce desde la presa El Molinito, ubicados todos en la cuenca del río Sonora, cuyos escurrimientos son reducidos en comparación con los de otros ríos, como el Yaqui. Esta cuenca está sobreexplotada, y existe una competencia por los recursos entre la región urbana y los productores rurales río arriba y abajo (Moreno 2006). El organismo de agua compró los derechos del pozo agrícola Las Malvinas río arriba, en 2003, y río abajo en 2005 se firmó un convenio con los usuarios de la Costa de Hermosillo, para transferir agua de uso agrícola a urbano, con lo que se abrió una zona nueva de captación llamada Los Bagotes.

A pesar de la frágil situación del abasto de agua en la ciudad, el recurso ha sido manejado de manera ineficiente. En 2006, se consumieron poco más de  $85 Mm^3$ ; sin embargo, el organismo operador local, Agua de Hermosillo,

sólo facturó 62 por ciento del líquido ( $53 \text{ Mm}^3$ ), lo cual implica que 38 por ciento ( $32 \text{ Mm}^3$ ) se perdió por fugas y tomas clandestinas. Por otra parte, las tarifas no cubren los gastos de operación y mucho menos permiten hacer las inversiones necesarias para dar mantenimiento a la red de agua potable. La tarifa promedio actual es de 5.30 pesos por metro cúbico, y se ha calculado que para cubrir los costos de producción y hacer sostenible la provisión debería ser de al menos 9.70 (Centro de Estudios del Agua 2006). Además, 28 por ciento de los usuarios no paga, y no existe una planta de tratamiento de aguas residuales en la ciudad. Esta situación lleva ya varios años, y si bien se han reducido los niveles de agua no contabilizada (que en años anteriores llegó a ser de más de 50 por ciento), el crecimiento de la ciudad hace necesario incrementar aún más la eficiencia del organismo.

Sin embargo, en lugar de buscar un manejo más eficiente del recurso la tendencia es reducir la cantidad consumida, mediante un programa de racionamiento que establece horarios de servicio, llamados tandeos, primero en 1998 y 1999, luego en 2005 y también en 2010. En busca de fuentes nuevas, el organismo operador ha planteado la posibilidad de obtener agua a partir de una planta desaladora en la Costa de Hermosillo, a más de cien kilómetros de la ciudad, y también de la cuenca vecina del río Yaqui, ubicada a mayor distancia, y cuyas obras representarían costos elevados de inversión y operación. De hecho, el proyecto de la desaladora fue impulsado por el gobierno estatal en 1999, pero el municipal, que entonces era de un partido diferente, se opuso por el alto costo, y el proyecto fue cancelado (Pineda 2007).

## Materiales y métodos

Para realizar la proyección de escenarios es necesario contar con una función de demanda de agua para Hermosillo, pero debido a la falta de información suficiente, se estimó una a escala nacional, con una muestra de 57 ciudades de más de 50 mil habitantes, para las cuales CONAGUA ha publicado información sobre consumo y facturación.

Por lo general, los estudios de demanda de agua se hacen a partir de datos de consumo en hogares. Sin embargo, al carecer de ellos, el análisis se llevó a cabo con datos agregados de consumo total en ciudades. Este enfoque es similar al utilizado por Nauges y Thomas (2000), quienes estimaron una función de demanda nacional a partir de una muestra de ciudades en Francia, así como por Martínez-Espiñeira (2002) y Mazzanti y Montini (2006), que re-

currieron a datos agregados municipales, para los casos de España e Italia, respectivamente. Esto indica que las investigaciones en años recientes han tenido que recurrir a dichos datos, con la finalidad de superar el inconveniente de no contar con información de los hogares. Esto ha permitido, en el caso de los trabajos mencionados, reducir el rezago en estudios de estimación de la demanda en Europa con respecto a Estados Unidos.

### Marco de modelación

Se considera el consumo per cápita de agua como una función del ingreso, del precio por metro cúbico y de variables sociodemográficas y climatológicas que influyen en él.

El modelo por estimar es el siguiente:

$$Q_i = \alpha + \beta_1 \ln(Y_i) + \beta_2 \ln(P_i) + \beta_3 (\text{Thogar}) + \beta_4 (\text{Temp}) + \beta_5 \ln(\text{Precip}) + \varepsilon$$

En donde:

$Q_i$  es la cantidad demandada per cápita en la ciudad  $i$

$Y_i$  es el producto interno bruto (PIB) per cápita estatal, como proxy del ingreso en la ciudad  $i$

$P_i$  es el precio promedio por metro cúbico en la ciudad  $i$

$\text{Thogar}$  es el tamaño del hogar o número promedio de personas que habitan un hogar en el estado al que pertenece la ciudad  $i$ . Se busca investigar si existen economías de escala en el consumo de agua

$\text{Temp}$  es la temperatura promedio en el estado donde se ubica la ciudad  $i$ . De acuerdo con los estudios publicados, se espera que a mayor temperatura haya más consumo

$\text{Precip}$  es la precipitación media anual en el estado donde se ubica la ciudad  $i$ . Se espera que cuando es mayor disminuya la demanda de agua para riego de jardines, así como por el efecto que tiene sobre la sensación térmica

$\alpha$  y  $\beta$  son parámetros de regresión

$\varepsilon$  es el error de regresión

Las variables sociodemográficas y climatológicas empleadas en este trabajo fueron similares a las utilizadas en estudios de este tipo (Nieswiadomy y Molina 1989; Jaramillo 2005; Hewitt y Hannemann 1995).

## Cálculo de las cantidades consumidas y el precio

Aquí se utilizaron datos agregados de consumo y facturación para cada ciudad, es decir, no se cuenta con la información por usuario. Por ello, los cálculos se hicieron con base en estimaciones promedio del gasto por habitante. CONAGUA calcula la dotación por persona como el total de agua producida entre la población atendida. Sin embargo, esta estimación no corresponde a la cantidad de líquido en realidad consumido por cada habitante, pues una cantidad considerable del producido no llega a los usuarios, sino que se pierde en la red debido a fugas y tomas clandestinas, es el agua no contabilizada, y en el caso de Hermosillo correspondió a 38 por ciento del total en 2006, y en años anteriores llegó a ser de más de 50. Esta agua no contabilizada se calcula como el total de la producida menos el total de la facturada. Así, en 2006 la dotación media resultante de dividir toda el agua producida entre la población atendida en Hermosillo, fue de 345 litros diarios por habitante. Pero, si sólo se considera la facturada, en realidad la consumida fue de 214 litros per cápita. Por ello, la cantidad consumida se estimó como:

$$Q_i = \frac{VTAF_i}{PA_i}$$

En donde:

$VTAF_i$  es el volumen total de agua facturado en la ciudad  $i$

$PA_i$  es la población atendida en la ciudad  $i$

## Precio

En la mayoría de los estudios publicados, el precio promedio se define como la cantidad total cobrada por el servicio de agua entre la cantidad total producida. Sin embargo, en vista de los grandes volúmenes no contabilizados, observados en casi todas las ciudades del país, en lugar de utilizar un precio promedio como el definido antes, se ha calculado como tal el de la facturación total entre el volumen total de agua facturado. Es decir, se considera que el consumo per cápita es independiente de las ineficiencias del organismo operador. El precio facturado del agua será entonces:

$$PF_i = \frac{FT_i}{VTAF_i}$$



En donde:

$PF_i$  es el precio facturado en la ciudad  $i$

$FT_i$  es la facturación total en la ciudad  $i$

Sin embargo, otro factor que influye en la demanda es la cobranza, cuya eficiencia se define como el total de ingresos por servicios de agua entre la facturación total. Esto significa que, por ejemplo, para Hermosillo, sólo se cobra 72 por ciento de la facturación total. Por ello, el precio utilizado en este estudio se define como:

$$P_i = PF_i \times EC_i$$

En donde:

$P_i$  es el precio del agua en la ciudad  $i$

$EC_i$  es la eficiencia de cobranza en la ciudad  $i$

El enfoque aquí propuesto permite además modelar el efecto del incremento de la eficiencia en la cobranza, ya que un aumento en ella será estimado como un alza del precio en el modelo.

#### Datos y supuestos de proyección

Los datos sobre consumo y facturación de agua durante 2006 se obtuvieron de 57 ciudades de México, con más de 50 mil habitantes, publicados por CONAGUA (2007). Si bien la cantidad de personas en la muestra puede inducir más variabilidad, el presente estudio busca aprovechar la mayor información disponible sobre los parámetros de interés, por lo que se utilizaron todas las observaciones publicadas. Se limitó al agua de uso residencial, pues así se utiliza la mayor parte del líquido en las ciudades, y la información obtenida no está desagregada para los usos comercial e industrial.

También CONAGUA proporcionó los datos sobre tamaño del hogar, y los de temperatura promedio y precipitación estatal del Servicio Meteorológico Nacional (SMN 2008). Para fines de proyección, estas variables climatológicas se consideraron como constantes durante el horizonte temporal de los escenarios. En el cuadro 1 se presenta una descripción de los valores de las variables de las 57 ciudades analizadas.

Los datos de crecimiento poblacional se tomaron de CONAPO (2008). Se espera que la población de Hermosillo crezca a una tasa promedio de 1.6 por ciento hasta 2030. El cálculo del incremento del PIB anual fue obtenido

de la Administración para la Información Energética (Energy Information Administration 2007), que en sus proyecciones de consumo mundial de energía considera para su escenario base un crecimiento del PIB en México de 3.6 por ciento anual en promedio. En el cuadro 2 se muestra un resumen de los valores estimados para la población e ingreso per cápita en Hermosillo hasta 2030, año escogido como horizonte, debido a que es hasta entonces que las fuentes ya mencionadas manejan sus proyecciones para las estimaciones de crecimiento poblacional y económico.

Cuadro 1  
Descripción de variables

Variable	Unidad	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
<i>Q</i>	Litros/día/habitante	176	66	28	318
<i>P</i>	Pesos/m <sup>3</sup>	4.9	2.6	1.2	13.0
<i>Y</i>	Pesos	74 304	28 498	29 475	191 404
<i>Thogar</i>	Residentes/hogar	4.6	0.3	4.2	5.3
<i>Temp</i>	Grados Celsius	21.8	2.8	17.3	26.6
<i>Precip</i>	mm	707	344	203	1,492

Fuente: elaboración propia, con datos de la CONAGUA (2007), SMN (2008) y CONAPO (2008).

## Escenarios

### 1. Sin cambios (statu quo)

No se producen mejoras en la administración del agua, así que se mantienen los niveles de agua no contabilizada de 36 por ciento y una eficiencia en cobranza de 72.

### 2. Incremento en la cobranza

Aumenta la eficiencia en cobranza de manera gradual hasta alcanzar una de 95 por ciento en cinco años. El periodo considerado es factible, ya que varios organismos en el país han logrado incrementar su cobranza en poco tiempo, algunos a través de la subcontratación del servicio.

### 3. Escenario 2 + incremento en tarifas

Una vez que se ha mejorado la cobranza, el aumento de tarifas permitiría reducir aún más el consumo, y generar mayores recursos para el organismo operador. En el escenario propuesto se aplican incrementos de 100 por ciento en la tarifa, que es aproximadamente lo necesario para el mantenimiento sostenible del servicio, como ya se mencionó.

#### 4. Escenario 3 + reducción del agua no contabilizada

Ésta logrará disminuir los requerimientos globales de agua de la ciudad. Se considera que este escenario sólo es sostenible con el aumento de las tarifas; se presenta un aumento gradual de la eficiencia hasta alcanzar 85 por ciento.

Cabe señalar que la eficiencia propuesta es similar a la ya alcanzada en Tijuana y Mexicali, en donde los niveles de agua no contabilizada fueron de 14 y 19 por ciento, respectivamente en 2006. En Tijuana se ha logrado en buena medida debido a la decisión de cobrar tarifas que permiten el manejo financiero sustentable del organismo (Sánchez Murguía 2006), por lo que una buena eficiencia se encuentra dentro de las posibilidades de un organismo bien manejado.

Si bien el presente estudio permite observar los efectos posibles de la aplicación de políticas para la administración del agua, es importante tomar en cuenta que lo presentado son escenarios, no pronósticos, por lo tanto los niveles proyectados son sólo una aproximación que dependen de la medida en que las tendencias de crecimiento económico y poblacional se mantengan conforme a lo trazado, y que se lleven a cabo las políticas aquí expuestas, es importante mencionar que hay factores externos, no incluidos en el modelo, que pueden influir en la demanda de agua.

## Cuadro 2

### Supuestos de proyección de escenarios

Año	Población (habitantes)	Ingreso per cápita (pesos de 2006)	Eficiencia de cobranza (%)*	Tarifa promedio (por m <sup>3</sup> )**	Agua no contabilizada (%)***
2008	687 968	91 520	72	5.3	38
2010	717 711	96 481	85	6.3	38
2015	788 044	110 798	95	10.6	35
2020	853 534	128 095	95	10.6	15
2025	913 751	148 970	95	10.6	15
2030	966 821	174 459	95	10.6	15

\* Escenarios 2, 3 y 4

\*\* Escenarios 3 y 4, pesos de 2006

\*\*\* Escenario 4

Fuente: elaboración propia, con datos del CONAPO (2008) y Energy Information Administration (2007).

## Resultados y discusión

En el cuadro siguiente se muestran los resultados del estudio de regresión:

Cuadro 3

Estimación de parámetros de regresión

Variable	Coefficiente	Error estándar	Estadística t
<i>ln(P)</i>	-44.89**	14.20	-3.16
<i>ln(Y)</i>	38.37*	20.74	1.85
<i>Temp</i>	3.09	2.931	1.06
<i>Thogar</i>	-27.97	24.42	-1.15
<i>ln (precip)</i>	-42.48**	18.54	-2.29
<i>Intercepto</i>	142.74	353.89	0.40

\* Significancia a 10%

\*\* Significancia a 5%

$R^2 = 0.414$

Prob>F = 0.0001

Fuente: elaboración propia.

Los coeficientes estimados para las variables precio (P) y precipitación (*precip*) son significativos a 5 por ciento. El signo del coeficiente estimado para la variable *precip* es negativo, esto indica que el aumento en la precipitación se relaciona con una disminución en el consumo. Que el coeficiente estimado para la variable ingreso (Y) sea significativo a 10 por ciento y de signo positivo, señala que cuando las percepciones son mayores también lo es la demanda de agua. Los coeficientes de las variables tamaño del hogar (*thogar*) y temperatura (*temp*) no son significativos a ninguno de los niveles referidos. La  $R^2$  es de 0.41, sin embargo la F es significativa, por lo que el modelo presenta un ajuste general adecuado.

Las elasticidades ingreso y precio de la demanda para el promedio nacional son 0.21 y -0.27, respectivamente. Esto implica que un aumento de 1 por ciento en el ingreso en México producirá un incremento de 0.21 en la cantidad de agua demandada per cápita. De la misma manera, un alza de 1 por ciento en la tarifa generará una reducción de 0.27 en la cantidad per cápita demandada. Para el caso de Hermosillo, la elasticidad ingreso es de 0.18, mientras que la de precio es de -0.23.

En la gráfica se muestran los resultados de la proyección de escenarios; en el 1 o base no ocurren modificaciones en la administración del agua, se observa un aumento en la cantidad demandada de 214 litros per cápita en 2006 a 241 en 2030, es decir, crece de 85 en 2006 a 136 Mm<sup>3</sup> en 2030, esto es más de 57 por ciento de la producción total actual de agua.

En el escenario 2, donde la cobranza es hasta de 95 por ciento, para 2030 la cantidad de agua per cápita solicitada es de 227 litros diarios y la total de la ciudad es de 129 Mm<sup>3</sup>, un incremento de 48 por ciento con respecto a los niveles actuales.

En el escenario 3, en donde una vez mejorada la cobranza, la tarifa sube en 100 por ciento, para 2030, la cantidad demandada de agua per cápita será de 207 litros diarios y la total requerida por la ciudad de 110 Mm<sup>3</sup>, 26 por ciento más con respecto a la solicitada en la actualidad.

En el escenario 4, en el cual además de los cambios en la política de cobranza, se invierte lo necesario para reducir el agua no contabilizada, de 38 a 15 por ciento, la cantidad demandada total del recurso en Hermosillo sería de 80 Mm<sup>3</sup>, la cual podría cubrirse con el abasto presente.

Además de los escenarios mencionados, se corrieron dos simulaciones con diferentes tasas de crecimiento del PIB. En la primera se postuló una de 1 por ciento menor a la utilizada antes, de 3.6, es decir, de 2.6. En el segundo, se planteó una de 1 por ciento mayor, o de 4.6. En el caso de un crecimiento menor del PIB (2.6 por ciento), el escenario base (sin cambios) indica que la cantidad demandada por Hermosillo para 2030 sería de 131 mm<sup>3</sup>, significa que aún así existiría un déficit importante en el abasto de la ciudad; mientras que en el escenario 4 (con aumento de tarifas y eficiencia) sería de 76 Mm<sup>3</sup>.

Si hubiera un crecimiento mayor del PIB (4.6 por ciento), el escenario base indica que con uno menor Hermosillo demandaría 142 Mm<sup>3</sup> para 2030, por lo que el déficit sería casi de 60 Mm<sup>3</sup>. En el escenario 4, dicha demanda sería de 83 Mm<sup>3</sup>, la cual está todavía dentro de la disponibilidad actual.

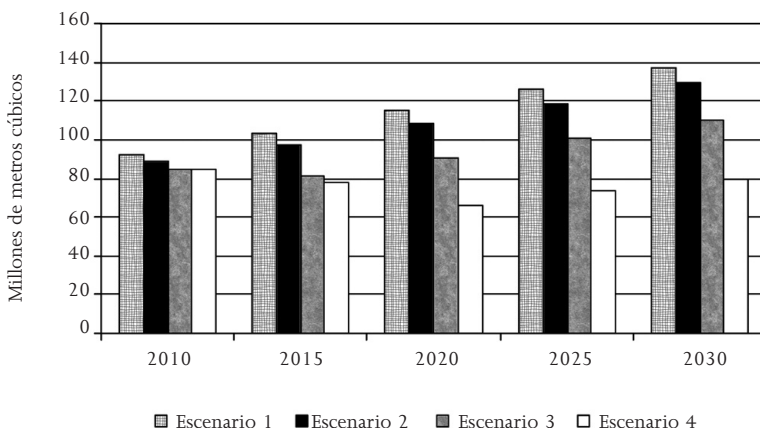
Si bien se puede dotar a la población con el agua que se produce en la actualidad, no existe garantía de que en el futuro se disponga de la misma cantidad, ya que los fenómenos climatológicos como las sequías, así como un aumento de su uso para la agricultura río arriba podrían reducir mucho la disponibilidad. Aun cuando la cobranza y el aumento de tarifas juegan un papel importante en la reducción de la demanda de agua, el consumo total de la ciudad no se reducirá lo suficiente, a menos que se invierta en las mejoras necesarias para disminuir la proporción de la no contabilizada. Así, el cobro del servicio de agua potable cumple dos funciones: inducir el ahorro por parte de los consumidores y proveer al organismo operador de los recursos financieros para el manejo sustentable del servicio.

Agua de Hermosillo (2006) ha llevado a cabo sus propias estimaciones de consumo para 2030; considera que la ciudad contará con 1 131 500 habitantes, con base en el supuesto de crecimiento demográfico de 1.8 por

ciento anual y a partir del cálculo de la población de 2006, basado en el número de tomas en la ciudad. Después, supone que a través de “una reducción en los consumos con reglamentación y cultura del agua de 11 por ciento”, cada persona usará 215 litros por día (tomando en cuenta el agua no contabilizada), más 25 por ciento utilizado por la industria, esto implicaría un gasto diario por habitante de 268 litros y el total de la ciudad sería de 130 Mm<sup>3</sup>.

### Gráfica

Demanda de agua en Hermosillo



Fuente: elaboración propia.

Esta forma de planear las necesidades futuras no emplea una metodología adecuada para la proyección, pues se ignoran los distintos factores que pueden incidir sobre la demanda, y tampoco se considera como función del ingreso ni del precio. No se sugieren mecanismos para controlar la demanda a través de incrementos a las tarifas, pues hablar de “reglamentación” resulta ambiguo y mencionar la disminución de consumo, a través de “cultura del agua”, es sólo resultado de la autocomplacencia. Agua de Hermosillo atribuye a su programa de cultura del agua la reducción de 417 a 375 litros diarios per cápita de 1998 a 2002, cuando en realidad fue gracias a los programas de racionamiento implementados en 1998 (Magaña et al. 2004).

## Conclusiones y recomendaciones

El abasto de agua para Hermosillo puede manejarse de manera sustentable a través de mejoras en la administración del recurso. El incremento de la cobranza, de las tarifas y la reducción del agua no contabilizada, dentro de los parámetros actuales de ciudades como Tijuana y Mexicali, pueden ayudar a asegurar el abastecimiento hasta 2030, si se mantiene la disponibilidad natural actual. Estas tres acciones deben llevarse a cabo de manera conjunta, ya que sólo el aumento de tarifas o de la cobranza no lograrían reducir de forma suficiente la demanda.

Por otro lado, el mantenimiento de la red de agua potable, necesario para evitar fugas y reducir así los niveles no contabilizados, no se puede financiar de manera sostenible si las tarifas siguen siendo inferiores a las requeridas. La elevación de las cuotas y de la eficiencia de la cobranza resultaría insuficiente, si estas medidas se establecen sin darle el mantenimiento necesario a la red, el déficit en el abasto sería de 35 por ciento. Al no implantarse política alguna, la falta de agua sería de hasta 57 por ciento, lo que conduce al racionamiento del recurso, en perjuicio de la población.

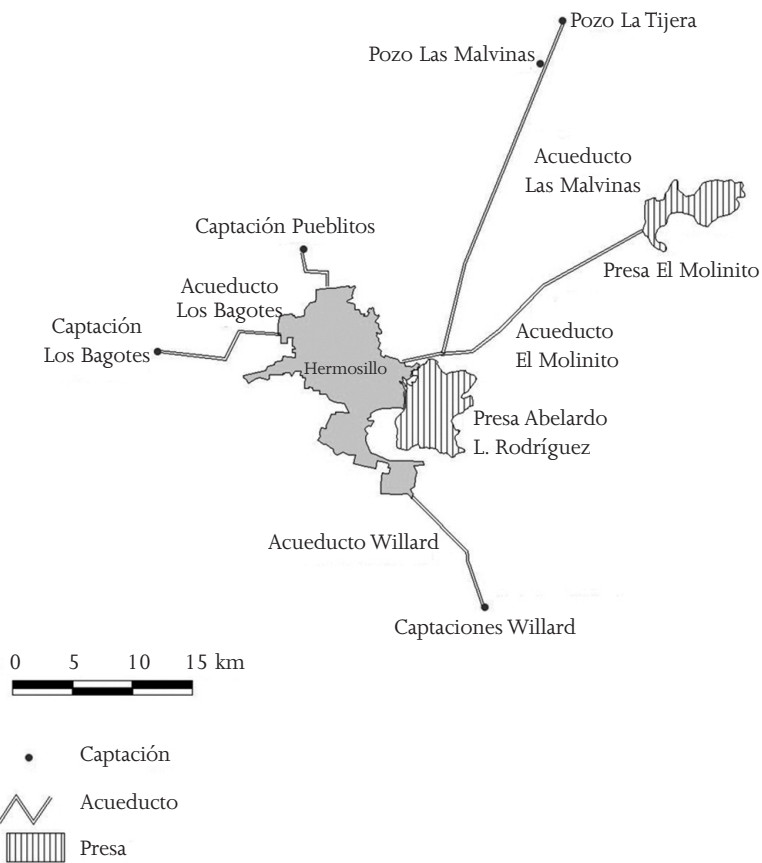
La recomendación es realizar más estudios de demanda para las ciudades de México, en especial las de los estados de la frontera norte, que enfrentan condiciones similares a las de Hermosillo en la provisión de agua potable a una población cada vez mayor y con recursos hidráulicos limitados. También que los organismos operadores proyecten las necesidades de los habitantes, a través de metodologías científicas válidas, de tal manera que se apliquen medidas para satisfacer la demanda futura. Por último, se recomienda que los organismos públicos que financien a los municipios para construir infraestructura para el agua potable, tales como CONAGUA, evalúen primero las posibilidades de proveer el líquido con recursos naturales actuales, mediante mejoras de la gestión, antes de invertir en la explotación de fuentes nuevas de agua.

Recibido en agosto de 2008

Revisado en marzo de 2009

## Anexo

## Fuentes principales de abastecimiento



Fuente: elaboración propia.

## Bibliografía

Agua de Hermosillo. 2006. Programa Municipal de Agua Potable, Alcantarillado Sanitario, Saneamiento y Disposición de Aguas Residuales 2007-2009. Hermosillo: Agua de Hermosillo.



- Centro de Estudios del Agua. 2006. *Análisis comparativo de costos y tarifas de agua potable*. Monterrey: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.
- CONAGUA. 2008. *Estadísticas del agua en México*. México: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- \_\_\_\_\_. 2007. *Situación del subsector de agua potable, alcantarillado y saneamiento, edición 2007*. México: Subdirección General de Infraestructura Hidráulica Urbana.
- CONAPO. 2008. *Proyecciones de la población de México 2005-2050*. <http://www.conapo.gob.mx/00cifras/5.htm> (25 de enero de 2008).
- Dalhuisen, J., R. Florax, H. De Groot y P. Nijkamp. 2003. Price and Income Elasticities of Residential Water Demand: A Meta-Analysis. *Land Economics* 79 (2): 292-308.
- Energy Information Administration. 2007. *International Energy Outlook 2007*. Office of Integrated Analysis and Forecasting. Washington: U.S. Department of Energy.
- García, J., E. Guzmán y M. Fortis. 2006. Demanda y distribución de agua en la Comarca Lagunera, México. *Agrociencia* 40 (2): 269-276.
- García, J y J. Mora. 2008. Tarifas y consumo de agua en el sector residencial de la Comarca Lagunera. *región y sociedad* xx (42): 119-132.
- Guzmán, E., J. García, M. Fortis, J. Mora, R. Valdivia y M. Portillo. 2006. La demanda de agua en la Comarca Lagunera. *Agrociencia* 40 (6): 793-803.
- Hewitt, J. A. y W. M. Hanemann. 1995. A Discrete/Continuous Choice Approach to Residential Water Demand under Block Rate Pricing. *Land Economics* 71 (2): 173-92.
- Jaramillo, L. 2005. Evaluación econométrica de la demanda de agua de uso residencial en México. *El Trimestre Económico* 72 (2): 367-390.
- López Ibarra, J. 2005. Análisis de la sequía en la cuenca del río Sonora. Ponencia en Foro agua hoy: agua de una vez por todas, Hermosillo.

- Magaña, V., H. Eakin, J. Moreno, J. Martínez y O. Landavazo. 2004. *Adaptación al cambio climático: Hermosillo, Sonora, un caso de estudio*. México: Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y United States Environmental Protection Agency.
- Martinez-Espineira, R. 2002. Residential Water Demand in the Northwest of Spain. *Environmental and Resource Economics* 21 (2): 161-187.
- Mazzanti, M. y A. Montini. 2006. The Determinants of Residential Water Demand. Empirical Evidence for a Panel of Italian Municipalities. *Applied Economics Letters* 13 (2): 107-111.
- Moreno, J. 2006. *Por abajo del agua. Sobreexplotación y agotamiento del acuífero de la Costa de Hermosillo, 1945-2005*. Hermosillo: El Colegio de Sonora.
- Nauges, C. y A. Thomas. 2000. Privately Operated Water Utilities, Municipal Price Negotiation, and Estimation of Residential Water Demand: The Case of France. *Land Economics* 76 (1): 68-85.
- Nieswiadomy, M. L., y D. J. Molina. 1989. Comparing Residential Water Demand Estimates under Decreasing and Increasing Block Rates Using Household Data. *Land Economics* 65 (3): 280-9.
- Pineda, 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 (número especial): 89-115.
- \_\_\_\_\_. 2006. Dar de beber a Hermosillo. En *La gestión del agua urbana en México. Retos, debates y bienestar*, coordinado por David Barkin, 235-247. Guadalajara: Universidad de Guadalajara y Asociación Nacional de Empresas de Agua.
- Sánchez Murguía, V. 2006. Gestión del agua en Tijuana, B.C. En *La gestión del agua urbana en México. Retos, debates y bienestar*, coordinado por David Barkin, 235-247. Guadalajara: Universidad de Guadalajara y Asociación Nacional de Empresas de Agua.
- SMN. 2008. Temperatura y precipitación. <http://smn.cna.gob.mx/productos/map-lluv/ctemp preci.html> (17 de enero de 2008).