

Determinantes del consumo de agua por los sectores urbano e industrial en Guanajuato, México

(Recibido: marzo/011–aprobado: octubre/011)

Eugenio Guzmán Soria^{*}

José Alberto García Salazar^{**}

Samuel Rebollar Rebollar^{***}

Juvencio Hernández Martínez^{****}

Resumen

En este trabajo se determinaron los factores que afectan el consumo de agua en los sectores urbano e industrial en el estado de Guanajuato; para ello fue estimado un modelo de ecuaciones simultáneas compuesto de dos ecuaciones de demanda y dos identidades, utilizando información estadística de 1980 a 2009. Los resultados muestran que la cantidad consumida de agua responde de manera inelástica a cambios en el precio; las elasticidades fueron de -0.0118 para el sector urbano y de -0.0869 para el industrial. El consumo de agua del sector urbano es más insensible a cambios en el precio, en comparación con el industrial; estas elasticidades deberán ser consideradas en la definición de políticas en la administración del consumo de agua, que permitan el uso eficiente del recurso y promuevan el cambio tecnológico.

Palabras clave: sector urbano e industrial, ecuaciones simultáneas, elasticidad.

Clasificación JEL: C01, C22, R15.

^{*} Profesor-Investigador del Instituto Tecnológico de Celaya (eugenio@itc.mx).

^{**} Profesor-Investigador del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo (jsalazar@colpos.mx).

^{***} Profesor-Investigador del Centro Universitario UAEM, Temascaltepec (samrere@hotmail.com).

^{****} Profesor-Investigador del Centro Universitario UAEM, Temascaltepec (jh_martinez1214@yahoo.com.mx).

Introducción

En los últimos años el problema de la sobreexplotación de los recursos naturales y la necesidad inaplazable de proteger el medio ambiente, ante el incremento de los niveles de contaminación, han adquirido relevancia internacional, inducidos por la creciente evidencia de su carácter irreversible.

El control sobre el agua y el dominio de sus fuentes y cauces ha sido uno de los grandes pilares de la civilización humana; ha forzado a los hombres a agruparse y organizarse, para someter las conductas individuales al interés de la colectividad. La necesidad de movilizar a los miembros de comunidades para controlar el agua y poderla usar para fines de interés de todos dio origen al Estado; el agua ha sido fluido impulsor de las instituciones humanas. Su carácter difícilmente apropiable de manera individual, el imperativo de compartirla bajo algún criterio de equidad, de usarla con prudencia de acuerdo a su escasez y de construir grandes obras para captarla, conducirla a las poblaciones humanas y distribuirla, han exigido la más intensa acción colectiva de cada sociedad, ya que, por lo general, nadie en lo individual sería capaz de lograrlo. Los retos han sido aún mayores cuando la disponibilidad es discontinua o intermitente o, cuando su exceso es causa de desgracia en inundaciones y avenidas, que han obligado a la edificación de presas y embalses artificiales (Quadri, 2003).

El agua es un elemento esencial para muchas funciones ambientales asociadas a los ecosistemas. De éste dependen el bienestar y el desarrollo de las sociedades; las cosas serían relativamente sencillas si entre sus diferentes usos (así como entre sus diferentes tipos de usuarios) no compitieran frecuentemente entre sí, sobre todo en circunstancias de escasez.

El agua no se consume totalmente al usarse; una vez cumplida su misión debe ser desechada, llevando con ella los sobrantes que atestiguan sus funciones; restos del consumo humano, residuos de procesos productivos, materia orgánica diversa, sedimentos, plaguicidas y fertilizantes, compuestos por innumerables sustancias y microorganismos que pueden causar graves daños a la salud y a los ecosistemas; o bien, al mezclarse con fuentes posibles de suministro, inhabilitarlas para su utilización. Entonces, tratar y renovar el agua se convierte en un requisito, cuyo cumplimiento tiene un costo elevado que no es sencillo cubrir, ya que quien usa el agua difícilmente se siente responsable de ella.

El agua se distribuye entre sus diferentes usos para satisfacer las necesidades de la sociedad y es frecuente diferenciar entre sus usos consuntivos y no consuntivos; entre los primeros se ubican el abastecimiento urbano, la agricultura, la ganadería y la industria, y entre los segundos se encuentran la producción de energía eléctrica, la refrigeración de plantas industriales y centrales energéticas,

la acuicultura y los caudales con fines ambientales y paisajísticos. Aunque estas demandas no consumen prácticamente agua, condicionan y limitan el suministro de los usos consuntivos porque deben estar disponibles en el momento y lugar requeridos, y con la calidad adecuada (IMTA, 2003).

El rápido crecimiento de la población humana en los últimos años ha sido el factor más importante que ha incrementado la demanda de agua dulce en el planeta. Este factor también ha hecho más aguda la competencia entre los usos agrícola, industrial y urbano. El uso de agua en la agricultura se ha incrementado progresivamente para satisfacer la demanda creciente de alimentos, esto es consecuencia directa del crecimiento de la población humana, la cual ha sobrepasado los 6 mil millones de personas. El consumo de agua en la agricultura ha aumentado en casi 60% desde los años 50. La agricultura de riego produce aproximadamente 40% de los alimentos a nivel mundial e inutiliza 17% de la superficie mundial cultivada. Dados los enormes volúmenes de agua requeridos en la producción agrícola, este sector consume la mayor parte de los recursos. La agricultura de regadío representa 70% del consumo de agua a escala mundial, y 87% se refiere a usos consuntivos (Sumpsi, 1994; United Nations, 1997).

Pero la población humana no sólo demanda alimentos, también consume agua para satisfacer necesidades físicas personales (alimentación e higiene) y demanda productos industriales que requieren, a su vez, del uso de agua. Cuando la reserva disponible de agua no permite satisfacer todas las necesidades sociales y requerimientos ambientales existe escasez de agua y, se producen situaciones de competencia entre usuarios. Las situaciones de escasez ocurrirán en regiones con baja disponibilidad de recursos hídricos o con rápido crecimiento de la población, y se verán acentuados cuando el consumo per cápita sea creciente debido a los cambios en las pautas de consumo (Falkenmark, 1989).

Debido a la irregularidad con que se distribuye los recursos hídricos disponibles, los problemas de escasez de agua suelen manifestarse en el ámbito regional. Con relativa frecuencia la falta de agua afecta a determinadas cuencas hidrográficas en el mundo. Debido a los enormes volúmenes necesarios, la gestión del recurso también se realiza de manera preferentemente a escala local o regional. Por este motivo, la creciente dificultad para garantizar la satisfacción de las demandas se traduce en una mayor competencia entre los usuarios tradicionales –agricultura, industria y ciudades– por los escasos recursos disponibles. Esta mayor competencia entre la agricultura, la industria y las ciudades por los limitados recursos hídricos, ya está restringiendo las actividades de desarrollo en muchos países; y a medida que las poblaciones y las economías crezcan, la competencia por este recurso escaso se intensificará (FAO, 1993).

Lo anterior a llevado a los especialistas en el tema a denominar, actualmente, a el agua como uno de los bienes estratégicos de las naciones, sobre el cual alrededor del mundo los gobiernos están desarrollando estudios e investigaciones de corto y largo plazo que les permitan establecer programas y políticas que garanticen la sustentabilidad del recurso y, de esta manera se asegure su calidad y disponibilidad para las generaciones futuras.

En México, ochenta de los 188 acuíferos más importantes, que abastecen 66% del agua que se utiliza en el país y en los que se capta 79% de la recarga de agua subterránea, se encuentran sobreexplotados, lo que implica que las condiciones hidrogeológicas quizá estén cambiando, ya que el volumen de agua en los acuíferos se ha modificado y la competencia entre los diferentes tipos de usuarios será mayor (Ávila *et al.*, 2005; Fornés *et al.*, 2005). El manejo irracional de los recursos hídricos de la nación, la falta de conciencia para procurar mantener las necesidades mínimas de agua en los acuíferos y aguas superficiales que permiten la natural autorregulación de los ecosistemas comienza a cobrar la factura.

Es de observar que el país no es ajeno al problema de la competencia de agua entre usuarios, los problemas más graves son enfrentados por las entidades del norte del país. Resalta en la actualidad la grave situación que enfrenta la Comarca Lagunera (región integrada por cinco municipios de Coahuila y diez de Durango). La situación actual de escasez de agua en la región ha dado lugar a una mayor competencia por el uso de los recursos hídricos, dificultando la gestión eficiente de los mismos. Es tanta la escasez del recurso en esa región del país, que ya está limitando las actividades de desarrollo de la misma (García y Guzmán, 2007).

La competencia por el uso del agua entre los diferentes sectores consumidores de cualquier región es determinada por la existencia de diferentes tipos de consumidores (usuarios) y por la baja y, en el mejor de los casos, constante disponibilidad del recurso en la zona. Con base en la clasificación realizada por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la mayor parte del territorio del estado de Guanajuato pertenece a la región hidrológico-administrativa Lerma-Santiago-Pacífico. En 2005, esta región fue calificada con un grado de presión¹ media-fuerte sobre el recurso hídrico (32%, mayor a 40% es ya calificado como fuerte presión) y ocupó el segundo lugar como la región hidrológico-administrativa con mayor densidad de población –106 hab/km²– (SEMARNAT-CONAGUA, 2006).

¹ El grado de presión sobre el recurso hídrico es definido como el volumen total de agua concesionado entre su disponibilidad natural media.

La demanda de agua para uso urbano en Guanajuato proviene fundamentalmente del crecimiento de la población en las grandes ciudades (más de 100 mil habitantes) y medias (de 20 mil a menos de 100 mil habitantes) del estado (la tasa de crecimiento media anual –TCMA– de la población urbana fue de 1.67% durante el periodo de 2000-2005), esto ha provocado que durante los últimos años se haya presentado un aumento en las tomas domiciliarias en las principales ciudades del estado. El Consejo Nacional de Población estima que para el año 2015 un 76% de la población del estado será urbana (CONAPO, 2010).

Con base en el consumo calculado, el consumo de agua por el sector urbano en el estado de Guanajuato ha mantenido TCMA positivas, durante el periodo de 2000 a 2009; en las grandes ciudades (1.57%) y medias urbanas (2.78%), a excepción de la rural que presentó un comportamiento negativo (-1.03%), lo anterior se debe a la migración a ciudades más grandes en busca de mejores oportunidades dentro o fuera del país. El consumo de agua por parte de este sector en el estado, se incrementó en 16.2 millones de m³ durante el 2009 con respecto al consumo registrado en el año 2000 (243 millones m³), lo que equivale a una TCMA de 0.72%.

El crecimiento de la producción industrial, generado por el dinamismo de los parques industriales de las principales ciudades en el estado, ha determinado un crecimiento en la cantidad consumida de agua en diversos procesos industriales. La TCMA registrada por el Producto Interno Bruto (PIB) generado por el sector industrial del estado durante el periodo de 2003 a 2009 fue de 8.92 % (INEGI-BIE, 2010).

Durante el periodo 2000-2009, el consumo de agua por la industria en el estado se incrementó en 7.9 millones de m³, lo que equivale a una TECMA positiva de 2.35%. Este incremento en el uso de agua por este sector refleja, en parte, el dinamismo y crecimiento de la industria en el estado; lo cual se espera que continúe en el mediano plazo.

Considerando la importancia del agua a nivel estatal y nacional, este trabajo tuvo como objetivo determinar los factores que afectan el consumo de agua subterránea (ya que su fuente principal son los acuíferos) en los sectores consumidores urbano e industrial del estado, con el propósito de analizar posibles escenarios de disminución del consumo a través de la modificación de dichos factores. La hipótesis a demostrar fue que el consumo de agua del sector industrial y urbano en el estado, está determinado en forma inversa por las tarifas cobradas, el precio de la energía eléctrica y, en forma directa por el PIB per cápita y la temperatura; además de que responden de manera inelástica a las primeras.

1. Materiales y métodos

1.1 El modelo

La relación de la cantidad consumida de agua y sus factores determinantes fue cuantificada mediante el cálculo de elasticidades económicas. Para ello, fueron utilizados los resultados derivados de un modelo de ecuaciones simultáneas del consumo de agua compuesto de dos ecuaciones de demanda y dos identidades. El modelo parte del supuesto de que el consumo del recurso en cada sector es independiente entre sí, ya que las fuentes de abastecimiento y el tratamiento previo a su uso para cada sector son particulares, dependiendo de su destino y consumo final:

$$CPU_t = \beta_{11} + \beta_{12} PAPR_t + \beta_{13} PEUDR_t + \beta_{14} PIBPRL_{t-1} + \beta_{15} TEMP_t + \varepsilon_{1t} \quad (1)$$

$$QCU_t = 4496136 \times CPU_t \quad (2)$$

$$QCI_t = \beta_{21} + \beta_{22} PAPIRL_{t-1} + \beta_{23} PEUIRL_{t-1} + \varepsilon_{2t} \quad (3)$$

$$QCSUI_t = QCU_t + QCI_t \quad (4)$$

Donde:

CPU_t = consumo per cápita de agua por el sector urbano (m^3 /habitante).

QCU_t = cantidad consumida de agua para uso urbano (m^3).

QCI_t = cantidad consumida de agua por el sector industrial (m^3).

$QCSUI_t$ = cantidad consumida total de agua por los sectores urbano e industrial en el estado (m^3).

$PAPR_t$ = precio real del agua potable para uso doméstico en el estado ($\$/m^3$).

$PEUDR_t$ = precio real de la electricidad para uso doméstico ($\$/kilowatt-hora$).

$PIBPRL_{t-1}$ = Producto Interno Bruto per cápita real del estado con un año de rezago ($\$/habitante$).

$TEMP_t$ = temperatura media anual en el estado ($^{\circ}C$).

$PAPIRL_{t-1}$ = precio real del agua potable para uso industrial con un año de rezago ($\$/m^3$).

$PEUIRL_{t-1}$ = precio real de la electricidad para uso industrial con un año de rezago ($\$/kilowatt-hora$).

El modelo propuesto está basado en evidencia empírica. Para el sector residencial, Jones & Morris (1984), Lyman, (1992), Gårn (1996), Höglund (1999), Saleth y Dinar (2001) y Jaramillo (2003), propusieron una función de demanda de agua per cápita (Ecuación 1) derivada de un modelo de producción doméstica de bienes de consumo final. El modelo toma el precio del agua, la energía, el ingreso y la temperatura como factores que afectan el consumo; además de que considera que el agua es consumida en los hogares en conexión con diferentes tareas (la preparación de alimentos, la higiene personal, el lavado de la casa, de la ropa y de utensilios de cocina, etc.) o consumo de bienes finales (los aparatos electrodomésticos, el jabón, etc.) y que cada tarea envuelve, en la mayoría de los casos, el uso de la energía eléctrica. La Ecuación 2 corresponde al consumo total de agua para uso urbano y se obtuvo multiplicando el promedio de habitantes del estado por el consumo per cápita de agua.

La función del consumo de agua para uso industrial (Ecuación 3) se estableció con base en estudios que han analizado la estructura de este sector consumidor en países, en su mayoría, desarrollados (Ziegler y Bell 1984; Williams y Suh 1986; Renzetti 1988, 1992 y 1999; Reynaud, 2003; Guerrero, 2005; Surender, 2006). Se asume que las industrias en el estado usan el agua como insumo intermedio (refrescar, cocer productos por medio de vapor, crear movimiento, elaborar bebidas, lavar utensilios, mantener la higiene, etc.) y que una industria escoge el nivel de utilización del insumo; de tal manera que su costo de producción sea minimizado. La función del consumo de agua para el sector industrial, parte del supuesto de que el uso del agua es separable de otros insumos como la energía eléctrica y se representó a través de la Ecuación 3.

La Ecuación 4 establece la cantidad consumida total de agua en el estado, por los dos sectores analizados.

1.2 Los datos y sus fuentes

El agua es un servicio público subsidiado, por el cual se cobran cuotas anuales o bimestrales que no reflejan el costo real, y mucho menos guardan relación con su escasez; esto lleva a la ausencia de series de tiempo oficiales en relación a los volúmenes consumidos de agua por tipo de consumidor. El presente trabajo pretende ser una primera estimación sobre el consumo de agua por los sectores urbano e industrial en el estado de Guanajuato.

Cabe resaltar que las variables utilizadas para medir el precio del agua de cada tipo de consumidor fueron las siguientes: para el sector urbano fue usado como variable proxy al precio, la tarifa de agua potable cobrada al consumo del

sector doméstico que fluctuó entre 11-20 m³, ya que en este rango de consumo se encuentra aproximadamente 70% de la población estatal; para el sector industrial se consideró la tarifa correspondiente al rango de consumo superior a 100 m³.

La información del consumo del sector urbano se obtuvo de CONAGUA, 2001; INEGI, 2010; INEGI-BIE, 2010b; JUMAPA, 2010; SAPAL, 2010; COTAS, 2010; CVIA, 2010; INEGI (varios años) y CONAGUA-SMN, 2010. La información del sector industrial provino de INEGI-BIE, 2010; INEGI-BIE, 2010b; JUMAPA, 2010; COTAS, 2010; SAPAL, 2010; CVIA, 2010; CEAG, 2010 y CONCAMIN, 2010.

Las series fueron deflactadas con el Índice de Precios Implícitos de la Electricidad, Gas y Agua, el Índice Nacional de Precios al Consumidor de la Electricidad, el Índice Nacional de Precios al Consumidor de León. Estos índices se obtuvieron de INEGI-BIE, 2010b; INEGI-BIE, 2010c; BM, 2010).

1.3 La estimación

Los coeficientes del modelo se estimaron con el método de mínimos cuadrados en dos etapas (MC2E) (Gujarati, 2004 y Wooldridge, 2009) usando el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System) versión 9. La congruencia estadística se determinó por medio de la significancia individual de cada coeficiente mediante la *t* de Student, o razón de *t*, y de la significancia global de los coeficientes de cada ecuación por medio de la prueba de *F*, el nivel de auto correlación vía el estadístico Durbin Watson (*h*) y la normalidad de la variables con la prueba Shapiro-Wilk (S-W). El modelo se validó de acuerdo con la teoría económica de la demanda (Samuelson y Nordhaus, 2010) para los coeficientes de cada variable exógena. Con los coeficientes estimados y los valores medios de cada variable (Cuadro 1) se calcularon las elasticidades para cada factor determinante del consumo.

Cuadro 1
Valores medios de las variables usadas en el modelo

<i>Variable</i>	<i>Media</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
T	1994,5	1980	2009
QCU	222526691,2	170440968	261478734,5
CPU	55,1957	52,8917	57,3776
PAPR	9,3131	1,0219	53,3078
PEUDR	0,1869	0,1357	0,2438
PIBPRL	9346,4361	3378,3362	13755,1757
TEMP	18,7381	17,3362	19,6521
QCI	23306080,11	11933555	44599015
PAPIRL	158,6869	3,7682	1118,5514
PEUIRL	0,1781	0,1285	0,2563
QCSUI	245832771,2	182374523	306077750

Fuente: Elaboración propia con datos de salida de SAS.

2 Resultados y discusión

Los resultados de la estimación del modelo en su forma estructural y reducida se presentan en los cuadros 2 y 3. Los coeficientes de determinación (R^2) de las dos ecuaciones de regresión, para el modelo estructural, muestran baja bondad de ajuste con valores de 0.45 para el sector industrial y de 0.78 en el sector urbano; lo que concuerda con la evidencia empírica en la cual se basa el modelo. Los valores del estadístico h fueron de 1.79 a 1.68 para el sector urbano e industrial, respectivamente; lo cual indica un bajo nivel de auto correlación entre las variables de las correspondientes ecuaciones de regresión que componen el modelo. El rango de valores de la prueba S-W por variable fueron de 0.84 a 0.96, lo que implica que su distribución se acerca a la normal. De acuerdo con la razón de t , todos los coeficientes fueron significativos (mayores de uno en términos absolutos); además, sus signos muestran congruencia con la teoría económica de la demanda, por lo tanto se puede afirmar que las explicativas usadas en las ecuaciones de regresión son determinantes del consumo de agua en cada sector.

Cuadro 2
Coeficientes de la forma estructural del modelo, 1980-2009.

<i>Variable endógenas</i>	<i>Intercepto</i>	<i>Variables exógenas</i>				R^2	<i>Prob > F</i>	h
	49,435662	PAPR	PEUDR	PIBPRL	TEMP			
CPU	4,425113	-0,069993	-13,609346	0,00015655	0,451268	0,78	0,0001	1,79
Error Estándar	11,28372	0,010302	6,234326	0,0000505	0,25048			
Razón de t		-6,8882	-2,20483	3,13807	1,81901			
S-W		0,92	0,96	0,94	0,84			
	43950076,2	PAPIRL	PEUIRL					
QCI	10973899,5	-12761,22	-105440779			0,45	0,0005	1,68
Error Estándar	4,0851	5985,35184	63721811,3					
Razón de t		-2,17464	-1,6881					
S-W		0,95	0,89					

Fuente: Elaboración propia con datos de salida de SAS.

Cuadro 3
Coeficientes de la forma reducida del modelo 1980-2009

<i>Variables exógenas</i>	<i>Variables endógenas</i>			
	QCU	CPU	QCI	QCSUI
PAPR	-285681,6	-0,069993	0	-285681,6
PEUDR	-55569340,9	-13,609346	0	-55569340,9
PIBPRL	639,13965	0,00015655	0	639,13965
TEMP	1842525,96	0,451268	0	1842525,96
PAPIRL	0	0	-12761,22	-12761,22
PEUIRL	0	0	-105440779	-105440779
Intercepto	201854299	49,435662	43950076	245804376

Fuente: Elaboración propia con datos de salida de SAS.

Los coeficientes de la forma estructural y los valores medios de precios y cantidades consumidas de agua en el periodo 1980-2009, permitieron calcular elasticidades, propias y cruzadas que relacionan el consumo de agua en estos sectores con sus correspondientes tarifas de agua y de energía eléctrica.

Los resultados indican que el consumo de agua responde de manera inelástica a cambios en el precio, con coeficientes de -0.0118 para el sector urbano y de -0.0869 para la industria (Cuadro 4). La baja elasticidad precio del consumo es consecuencia de la inexistencia de sustitutos del recurso, y la magnitud diferente por sector consumidor se relaciona con el grado de utilidad del recurso en cada uno de éstos.

El consumo de agua en el sector urbano es más inelástico respecto al precio del agua, donde el recurso es indispensable para la vida humana, ya que en niveles de consumos bajos es difícil disminuir la demanda, dado que se ha llegado al límite para la existencia de estos consumidores. En contraste, el consumo en la industria es menos inelástico, debido a que cambios en el precio del agua podrían inducir, al consumidor (industriales), a adoptar cambios tecnológicos que permitirían el ahorro del recurso.

La respuesta inelástica del consumo de agua a cambios en los precios plantea que si se pretendiera bajar el consumo de agua mediante el precio, se tendría que dar un incremento considerable en este factor determinante. Por ejemplo, para el sector urbano el valor de la elasticidad indica que para disminuir el consumo per cápita de agua en 1% el precio tendría que aumentar en 85%.

Además del precio del agua, otro factor que podría ser usado para incidir sobre el consumo de agua subterránea por estos sectores, es el precio de la energía eléctrica. La elasticidad que relaciona ambas variables fue de -0.0461 , para la energía eléctrica usada en el sector urbano y de -0.8058 para la usada en el sector industrial (Cuadro 4).

El consumo de agua en el sector urbano responde de manera inelástica a cambios en la tarifa de energía eléctrica. El signo de la elasticidad indica que el agua y la electricidad son bienes complementarios en los procesos domésticos y de producción, y que un aumento en la tarifa de la energía eléctrica puede ser efectivo para disminuir el consumo. Por ejemplo, una reducción de 1% en el consumo de agua en los sectores urbano e industrial podría lograrse aumentando la tarifa de energía eléctrica en 22 y 1.24%, respectivamente.

Por otra parte, la forma reducida del modelo expresa las variables endógenas en términos de las predeterminadas, que pueden funcionar como instrumentos de política; en este caso los diferentes niveles de precio. La identidad más general del modelo es la cantidad consumida de agua por los sectores urbano e industrial

(*QCSUI*), en conjunto; la forma reducida permite ver cómo los precios afectan a ésta.

Usando los coeficientes de la forma reducida y los valores promedio de las variables en cuestión durante el periodo 1980-2009, se calcularon las elasticidades que relacionan la cantidad consumida de agua por los dos sectores analizados, con los precios de agua y energía eléctrica, y demás factores estadísticamente significativos que resultaron determinar el consumo de agua por estos dos sectores en el estado.

La *QCSUI* responde de manera inelástica a cambios en los precios de los diferentes consumidores, con elasticidades de -0.0108 y -0.0082 para los sectores urbano e industrial, respectivamente (Cuadro 4). La suma de las elasticidades es -0.0190, lo cual indica que aun cuando hubiera un incremento simultáneo en el precio de los dos sectores consumidores, la demanda de agua seguiría respondiendo de manera inelástica.

Cuadro 4
Elasticidades relacionadas con los precios de agua y energía eléctrica, 1980-2009

<i>Variable endógena</i>	<i>Precio del agua</i>		<i>Precio de la energía</i>	
	<i>PAPR</i>	<i>PAPIRL</i>	<i>PEUDR</i>	<i>PEUIRL</i>
CPU	-0.0118		-0.0461	
QCI		-0.0869		-0.8058
QCSUI	-0.0108	-0.0082	-0.0422	-0.0764

Fuente: Elaboración propia con información de los cuadros 1, 2 y 3.

El nivel de inelasticidad que el consumo conjunto de agua (urbano e industrial), provoca que no sea razonable incrementar el precio en estos sectores, pues serían necesarios aumentos elevados (92 y 121%). Otras variables que afectan el consumo de agua por los sectores citados son el ingreso y la temperatura, variables sobre las cuales poco o nada se puede influir, ya que dependen de la distribución del ingreso en el estado y de las condiciones ambientales (Cuadro 5).

Cuadro 5
Elasticidades relacionadas con otros factores que afectan el consumo total de agua subterránea por los sectores urbano e industrial, 1980-2009

	<i>PIBPRL</i>	<i>TEMP</i>
QCSUI	0.0243	0.1404

Fuente: Elaboración propia con información de los cuadros 1 y 3.

Conclusiones

De acuerdo con los resultados del modelo, el consumo de agua por los sectores urbano e industrial en el estado de Guanajuato es explicado en forma inversa por los precios del agua, las tarifas de la energía eléctrica y, en forma directa por el nivel de ingreso y la temperatura; por lo que la hipótesis de investigación fue aceptada.

Las respuestas del consumo de agua con respecto a los precios del agua y las tarifas eléctricas fueron inelásticas, siendo la respuesta menos que proporcional mayor en el consumo del sector urbano. Lo anterior, refleja, la importancia de este recurso como un bien básico para el desarrollo y bienestar de la población, además de no tener sustitutos en los procesos domésticos y en la producción.

Los reducidos valores de las elasticidades son indicadores que pueden guiar la política de precios y del control de este recurso. Por ejemplo, un aumento de precios en el agua para el consumo urbano, pueden afectar la distribución del ingreso de la población, por ello sería recomendable realizar un estudio del consumo de agua por tipos de residencia o niveles de ingreso de la población.

Por otra parte, un aumento en el precio del agua para uso industrial no tendrá efectos significativos en la reducción de su consumo, por lo que un ajuste en las tarifas del agua para este sector será importante para las finanzas públicas estatales; con esto probablemente se promovería el cambio tecnológico en el uso del agua en la industria y, por ende el uso racional de este recurso. Sin embargo, esta política podría desincentivar la inversión en aquellos sectores productivos, en donde no se han aplicado medidas que aumenten la eficiencia y la productividad, por ello es necesario aplicar una política moderada de ajuste de precios en el uso de agua en este sector.

Además del precio del agua, otro factor que podría ser usado para incidir sobre el consumo de agua es el precio de la energía eléctrica, cuyos escenarios de política son similares a los que pueden ocurrir con movimientos en el precio del agua, ya que estos recursos son complementarios en el consumo de agua por los sectores urbano e industrial; cualquier incremento en la tarifa eléctrica, reduciría el consumo de agua. En variables como el ingreso y la temperatura, poco se puede influir, ya que la primera depende de la distribución del ingreso en la entidad y la segunda está determinada por las condiciones ambientales, lo que la convierte en una variable completamente estocástica.

Referencias bibliográficas

- Ávila, S.; C. Muñoz, L. Jaramillo y A. Martínez (2005). “Un análisis del subsidio a la tarifa 09”, *Gaceta Ecológica*, 075, pp. 65-76.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2001). *Programa Hidráulico de Gran Visión 2001-2025*, México: Gerencia Regional de las Cuencas Centrales.
- COTAS (Consejo Técnico de Aguas) (2010). *Estadísticas del agua*, Oficina regional, Celaya, Guanajuato, 24 pp.
- Falkenmark, M. (1989). *Fresh waters as a factor in strategic policy and action. Population and Resources in a Changing World*, Palo Alto, California: Stanford University-Morrison Institute.
- FAO (Food and Agricultural Organization of United Nation) (1993). *Las políticas de recursos hídricos y la agricultura*, Roma, Italia.
- Fornés Azcoiti, J. M., Á. de la Hera Portillo y R. Llamas Madurga (2005). “The silent revolution in groundwater intensive use and its influence in Spain”, *Water Police not known*, pp. 1-16.
- García Salazar, J. A. y E. Guzmán Soria (2007). *Demanda y distribución de agua en la Comarca Lagunera*, México: Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, 241 pp.
- Gårn Lars, H. (1996). “Water and energy price impacts on residential water demand in Copenhagen”, *Land Economics*, no. 72, pp. 66-79.
- Guerrero García Rojas, H. (2005). *Industrial water demand in Mexico: Econometric analysis and implications for water management policy*, These pour le doctorat en Sciences Economiques, Universite de Toulouse, France, 205 pp.
- Gujarati, D. (2004). *Econometría*, Santafé de Bogotá, Colombia: McGraw-Hill, 972 pp.
- IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua) (2003). *Aspectos relevantes de la política del agua en México, en el marco del desarrollo sustentable*, México, 30 pp.
- INEGI (Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática) (varios años). *Sector Energético en México: 1995, 1998, 2000, 2003, 2006, 2009*, México.
- Jaramillo Mosqueira, L. (2003). *Modelando la demanda de agua de uso residencial en México*, México: Dirección General de Investigación en Política y Economía Ambiental, Instituto Nacional de Ecología, 17 pp.
- Jones, V. and J. Morris (1984). “Instrumental price estimates and residential water demand”, *Water Resources Research*, No. 20, pp. 197-202.
- JUMAPA (Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado) (2010). *Tarifas de agua potable por sector: 1999-2009*, Información proporcionada por la Gerencia, Celaya, Guanajuato, 25 pp.

- Lyman, A. (1992). "Peak and off-peak residential water demand", *Water Resources Research*, no. 28, pp. 2159-2167.
- Renzetti, S. (1988). "An econometric study of industrial water demands in British Columbia, Canada", *Water Resources Research*, vol. 24, pp. 1569-1573.
- (1992). "Estimating the structure of industrial water demand: The case of canadian manufacturing", *Land Economics*, vol. 68, pp. 396-404.
- (1999). "Municipal water supply and sewage treatment: Cost, prices and distortions", *Canadian Journal of Economics*, vol. 32, no. 3, pp. 688-704.
- Reynaud, A. (2003). "An econometric estimation of industrial water demand in France", *Environmental & Resource Economics*, vol. 25, no. 2, pp. 213-232.
- Saleth, M. and A. Dinar (2001). "Preconditions for market solution to urban water scarcity: Empirical results from Hyderabad City, India", *Water Resources Research*, vol. 37, pp. 119-131.
- Samuelson, P. A. y D. Nordhaus W. (2010). *Microeconomía con aplicaciones a Latinoamérica*, México: McGraw-Hill, 403 pp.
- SAPAL (Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de León) (2010). *Consumo promedio de agua del sector industrial: 1998-2009 y Tarifas de agua potable por sector: 1998-2009*, Información proporcionada por la Gerencia de Servicio al Cliente. León, Guanajuato, 37 pp.
- SEMARNAT-CONAGUA (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Comisión Nacional del Agua) (2006). *Estadísticas del agua en México*, México, 146 pp.
- Sumpsi Viñas, J. M. (1994). "El régimen económico-financiero del agua y la agricultura", *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, vol. 167, pp. 59-88.
- Surender, K. (2006). "Analysing industrial water demand in India: An input distance function approach", *Water Policy*, vol. 8, pp. 15-29.
- United Nations (1997). *Comprehensive Assessment of the Freshwater Resources of the World*, United Nations Department for Policy Coordination and Sustainable Development, Commission on Sustainable Development.
- Williams, M. and Suh B. (1986). "The demand for water by customer class", *Applied Economics*, vol. 18, no. 12, pp. 1275-1289.
- Wooldridge, M. J. (2009). *Introducción a la econometría: un enfoque moderno*, México: CENGAGE Learning, 865 pp.
- Ziegler, J. and S. Bell (1984). "Estimating demand for intake water by self-supplied firms", *Water Resources Research*, vol. 20, pp. 4-8.

Recursos electrónicos

- BM (Banco de México) (2010). Precios e Inflación (<http://www.banxico.org.mx/einfoFinanciera/FsinfoFinanciera.htm>). Consultado el 27 de mayo.
- CEAG (Comisión Estatal del Agua) (2010). Diagnóstico del Sector Agua Potable y Saneamiento del Estado de Guanajuato. (<http://www.guanajuato.gob.mx/ceag/indicadores.php>). Consultado el 30 de junio.
- CONAGUA-SMN (Comisión Nacional del Agua-Servicio Meteorológico Nacional) (2010). Temperatura media anual por estado (<http://www.cna.gob.mx>). Consultado el 18 de agosto.
- CONAPO (Consejo Nacional de Población) (2010). *Proyecciones de población en México: 2000-2030*. (<http://www.conapo.gob.mx/00cifras/5.htm>). Consultado el 12 marzo.
- CONCAMIN (Confederación de Cámaras Industriales) (2010). Estadísticas del uso de agua por los parques industriales de la zona bajo. Comisión de Agua y Ecología (http://www.concamin.org.mx/agua_ecologia.html). Consultado el 7 de abril.
- CVIA (Centro Virtual de Información sobre el Agua) (2010). Información del consumo de agua por tipo de uso (<http://www.agua.org.mx/>). Consultado el 22 de mayo.
- INEGI (2010). *XII Censo General de Población y Vivienda: 2000 y Censo de Población y Vivienda 2010* (<http://www.inegi.gob.mx>). Consultado el 22 de noviembre.
- INEGI-BIE (Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática-Banco de Información Económica) (2010). *Producto Interno Bruto: nacional y por entidad federativa* (<http://dgcnesyp.inegi.org.mx/cgi-win/bdieintsi.exe>). Consultado el 10 de septiembre.
- (2010b). Sector Eléctrico: Precios Promedio de Energía Eléctrica por Sector Productivo (<http://www.inegi.gob.mx>). Consultado el 26 de junio.
- (2010c). Índice de Precios Implícitos por Gran División de Actividad Económica (<http://www.inegi.gob.mx>). Consultado el 11 de julio.
- Quadri de la Torre, G. (2008). Las comunidades y el manejo de los recursos hídricos, Centro de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable, Colombia: Universidad de los Andes (<http://tecnologiasysociedad.uniandes.edu.co/html/agua/a617.html>). Consultado el 30 de abril.