

XIV ENCUESTRO DE ECONOMÍA PÚBLICA

La demanda urbana de agua para usos comerciales e industriales. el caso de Zaragoza.

Fernando Arbués Gracia (*)
Universidad de Zaragoza
M^a Ángeles García Valiñas
Universidad de Oviedo
Inmaculada Villanúa Martín
Universidad de Zaragoza

1.- Introducción

La Directiva marco del agua (Directiva 2000/60/CE, de 23 de octubre de 2000) establece un marco comunitario de actuación en el que las medidas destinadas a gestionar la demanda de este recurso cobran gran protagonismo. En este escenario, resulta fundamental caracterizar la demanda de agua con la mayor precisión posible. Sin embargo, en el caso de los aprovechamientos urbanos el estudio de la demanda de agua se ha centrado tradicionalmente en los usos residenciales, dejando de lado los usos comerciales e industriales; unos usos que, cada vez representan un porcentaje mayor del agua que se consume en las ciudades (en España, según datos del INE para el periodo 1996-2003, los usos comerciales e industriales han pasado de representar el 19,96% del agua consumida en las ciudades al 23,22%; porcentajes que en el caso de Aragón son del 19,60% y del 24,18%, respectivamente). En este contexto, el trabajo que presentamos es un estudio empírico dirigido a obtener una estimación de la demanda de agua de los comercios e industrias conectados a la red pública de la ciudad de Zaragoza que nos permita conocer el efecto que diferentes variables económicas y, sobre todo, las tasas que gravan el servicio (un instrumento económico de gran relevancia para la gestión de la demanda de agua) generan sobre la demanda de estos usuarios.

Para poder llevar a cabo el citado análisis, el trabajo se estructura de la siguiente forma: primero se ofrece un esbozo de cómo ha abordado la literatura económica la estimación de las demandas de agua industriales; seguidamente, se realiza una presentación de los rasgos generales de la ciudad de Zaragoza, que es el ámbito territorial de nuestro estudio; en tercer lugar, se definen los rasgos básicos del modelo que se va a estimar; posteriormente, se lleva a cabo la estimación econométrica de la función de demanda junto con la presentación de los resultados más relevantes; por último, se incluyen unas breves consideraciones finales.

(*)Autor para correspondencia. *Dirección:* Departamento de Estructura Económica y Economía Pública. E.U. de Estudios Sociales. Violante de Hungría, 23, 50009, Zaragoza. *Tfno:* 976 76100 ext.4558. *Fax:* 976 761 829. *e-mail:* farbues@unizar.es

Este trabajo ha sido elaborado en el marco del proyecto SEJ2005-06069/ECON, financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia

Los autores agradecen el apoyo recibido del Ayuntamiento de Zaragoza para la realización de este trabajo, en el marco del Convenio suscrito con la Universidad de Zaragoza en materia de investigación sobre el agua.

2.- La demanda de agua de la industria y los servicios: una breve revisión de la literatura

El estudio de la demanda de agua por parte de la industria y los servicios ha sido abordado tradicionalmente como un problema de programación matemática, en el que los aspectos técnicos han prevalecido sobre los aspectos económicos (Stone y Whittington, 1984). Por ello, los estudios orientados a estimar mediante técnicas econométricas la demanda de agua industrial y de servicios son pocos si los comparamos con los existentes en el campo de la demanda de agua residencial o agrícola.

Un repaso a las bases analíticas y metodológicas sobre las que se asientan estos trabajos nos permite distinguir entre los trabajos que plantean modelos de tipo “uniecual”, bien para estimar conjuntamente la demanda de la industria y los servicios (Rees, 1969; Turnovsky, 1969; Ziegler y Bell, 1984), bien planteando ecuaciones específicas para la industria y los servicios (Malla y Gopalakrishnan, 1999; Williams y Suh, 1986); por otro, aquellos estudios que proponen sistemas de ecuaciones de demanda para los diferentes *inputs* implicados en el proceso productivo (Renzetti, 1992; Dupont y Renzetti, 2001; Reynaud, 2003; Féres y Reynaud, 2005).

En ambos casos, el desconocimiento que existe acerca de la función de producción y/o de costes de los demandantes de agua hace que la elección de la forma funcional de la demanda a estimar se sustente básicamente sobre supuestos teóricos, o simplemente sobre criterios de tipo operativo (Renzetti, 1988, 1992; Renzetti y Dupont, 2003). Así, las formas funcionales más utilizadas son la lineal (Turnovsky, 1969; García-Valiñas, 2004), la Cobb-Douglas (DeRooy, 1974; Ziegler y Bell, 1984; Renzetti, 1993), o formas funcionales flexibles como la translogarítmica (Grebstein y Field, 1979; Babin et al., 1982, Renzetti, 1992; Dupont y Renzetti, 2001; Reynaud, 2003; Féres y Reynaud, 2005).

Por otra parte, si nos fijamos en las variables que se incluyen en el modelo de demanda, cabe señalar que cuando los usuarios disponen de diferentes fuentes de abastecimiento de agua (red pública y autoabastecimiento, por ejemplo, a través de pozos) es habitual desagregar la variable consumo de agua de acuerdo con su origen (Ziegler y Bell, 1984; Renzetti, 1993; Reynaud, 2003). Igualmente, podemos encontrar trabajos que desagregan esta variable según el uso del agua (DeRooy, 1974) o de la etapa en que ésta se usa dentro del proceso productivo de las industrias (Renzetti, 1988, 1992; Dupont y Renzetti, 2001; Renzetti y Dupont, 2003).

En la medida en que la demanda de agua por parte de la industria y los servicios es una demanda derivada es lógico que dentro del conjunto de variables explicativas todos los trabajos incluyan alguna medida del de actividad de la empresa: índices de producción industrial (Turnovsky, 1969), valores añadidos en términos absolutos (William y Suh, 1986; Renzetti, 1992, 1993; Dupont y Renzetti, 2001; Renzetti y Dupont, 2003) o relativos (DeRooy, 1974), nivel de empleo (De Gispert, 1999) y/o localización geográfica (García-Valiñas, 2005b), son algunas de las especificaciones alternativas utilizadas para esta variable. Junto a esta variable

del nivel de actividad es bastante usual incluir alguna otra que permita reflejar los rasgos tecnológicos de la industria (De Rooy, 1974; Ziegler y Bell, 1984; Féres y Reynaud 2005). Por su parte, algunos trabajos (Reynaud, 2003; Féres y Reynaud, 2005) incluyen junto al nivel de actividad un índice del efecto negativo que genera la actividad productiva sobre el agua.

Otras variables especialmente importantes son los precios de los *inputs* utilizados, y en especial, al precio del *input* agua. Aunque en algunos trabajos se considera un indicador de precio agregado (Dupont y Renzetti, 2001), en general, la literatura diferencia entre el precio del agua obtenida de forma autónoma por la empresa y el de aquella que le es suministrada por proveedores externos.

Respecto al autoabastecimiento de agua, la literatura suele optar por emplear a modo de proxy del precio, el coste (medio o marginal) de dicho aprovisionamiento autónomo (Ziegler y Bell, 1984; Renzetti, 1993; Reynaud, 2003). En cuanto a las industrias conectadas a la red pública de distribución, que es el caso que nos ocupa en este trabajo, el precio del agua utilizado puede ser el marginal (Williams y Suh, 1986) y el precio medio, siendo esta última la opción preferida en muchos de los trabajos analizados (Reynaud, 2003; Féres y Reynaud, 2005). Adicionalmente, ante los problemas de simultaneidad asociados a las tarifas no lineales otra alternativa utilizada es recurrir variables instrumentales a la hora de especificar el precio del agua (Renzetti, 1992).

En cualquier caso, en el tema de la especificación de la mejor alternativa para el precio del agua, ninguno de los trabajos realiza un estudio riguroso que justifique la elección de una u otra alternativa. Así, Reynaud (2003) señala que, a pesar de que la teoría económica sugería el empleo del precio marginal, creía más conveniente emplear el precio medio, puesto que, según su parecer, no existía conocimiento perfecto de las tarifas por parte de los usuarios. Este argumento, de carácter intuitivo, es el que subyace en la mayor parte de estudios que estiman la demanda industrial de agua.

Por último, en relación con las respecto elasticidades precio obtenidas a partir de la estimación econométrica de la demanda, cabe reseñar que los usuarios industriales y de servicios presentan más sensibilidad a los precios que los residenciales (Turnovsky, 1969; Williams y Suh, 1986; Reynaud, 2003). Incluso en algunos casos, y para determinadas especificaciones del *input* agua, los valores obtenidos superan la unidad en términos absolutos (Wang y Lall, 1999; Reynaud, 2003; Kumar, 2006; Féres y Reynaud, 2005).

Atendiendo a la fuente de abastecimiento, se observa que los usuarios que consumen mayoritariamente agua procedente de la red pública de suministro presentan, en general, una elasticidad más alta que aquellos que se autoabastecen, dado que los precios pagados al suministrador público tienden a ser superiores al coste de autoabastecerse de agua (Ziegler y Bell, 1984; Renzetti, 1993; Reynaud, 2003).

Adicionalmente, algunos trabajos incluyen estimaciones específicas para diversos sectores de actividad, apreciándose diferencias importantes entre unos y otros (Rees, 1969; Renzetti, 1993; Reynaud, 2003). En términos generales, las elasticidades son mayores en aquellos sectores en los que el coste del agua representa un porcentaje más alto de los costes totales. En relación con el agua suministrada por la red pública, Renzetti (1993) calculaba elasticidades en el rango de -0,680 (sector papelerero) y -2,170 (sector alimentario). Reynaud (2003) obtenía elasticidades comprendidas entre -0,272 (comercio y de servicios) y -0,734 (industrias extractivas).

3.- El marco general del estudio

El ámbito territorial en el que se circunscribe nuestro trabajo empírico es el término municipal de Zaragoza, que con 647.373 habitantes es el quinto municipio español en términos de población, tras Madrid, Barcelona, Valencia y Sevilla.

La estructura económica del municipio se caracteriza por un predominio de los servicios y una presencia importante de la industria, como se puede observar en el Cuadro 1. Esta distribución de actividades es típica de una capital de provincia en áreas desarrolladas, aunque quizás con una proporción de los servicios algo elevada como consecuencia de que la comunidad aragonesa es una de las más desequilibradas del país en términos de población y renta (solamente en Zaragoza se concentra el 51,01% de la población y el de 54,30% de la renta bruta disponible de la Comunidad Autónoma de Aragón, porcentaje que, se eleva al 54,96% y al 58,14%, respectivamente si añadimos los municipios del entorno de la capital).

Cuadro 1
Actividades económicas en Zaragoza (% respecto a Aragón)

	1996	1997	1998	2000	2001	2002
Sector Industrial	36,12%	35,68%	33,92%	33,81%	33,02%	32,56%
Sector servicios	48,19%	48,83%	46,53%	49,14%	48,60%	48,10%

En el sector servicios está incluida la construcción.

Fuente: Instituto Aragonés de Estadística (2006)

La relevancia de la economía de Zaragoza en el contexto nacional, puede apreciarse en el Cuadro 2.

Cuadro 2
Indicadores económicos para diversos municipios, 2004
(% de participación sobre el total nacional)

	Índice industrial	Índice comercial mayorista	Índice comercial minorista	Índice actividad económica
Barcelona	2,956	6,562	5,836	5,421
Bilbao	0,87	0,73	0,827	1,311
Madrid	4,65	7,624	8,121	10,459
Málaga	0,645	1,73	1,62	1,097
Sevilla	0,924	1,64	2,116	1,654
Valencia	0,861	2,112	2,76	2,021
Zaragoza	1,674	1,578	2,047	1,665

Fuente: la Caixa (2005).

Atendiendo al índice industrial, que mide la relevancia del sector secundario en el conjunto nacional, Zaragoza es el tercer municipio en participación, solamente superado por Madrid y Barcelona. La importancia del comercio mayorista y minorista, reflejada a través de sus respectivos índices comerciales, sitúan a Zaragoza en el quinto lugar a nivel nacional en orden de importancia. Finalmente, el índice comparativo del conjunto de la actividad económica sitúa a Zaragoza en una situación destacada, cuarto municipio en orden de importancia tras Madrid, Barcelona y Valencia.

En lo que al consumo de agua se refiere, como puede o apreciarse en el cuadro 3, la gran mayoría de los usuarios conectados a la red urbana de suministro son de tipo doméstico (por encima del 90%) mientras que las actividades industriales y de servicios representan conjuntamente en torno al 8% de los contadores, de los cuales aproximadamente 7,5 puntos corresponden al sector servicios y el resto (unos 0,5 puntos) a la industria y la construcción. .

Cuadro 3
Tipos de usuarios conectados a la red municipal
(% sobre el total)

	1997	1998	1999	2000
Domésticos	91,99	91,82	91,69	91,57
Industrias y construcción	0,45	0,49	0,51	0,55
Servicios	7,32	7,43	7,53	7,61
Otros usos (a)	0,25	0,26	0,26	0,28

(a) Torres de refrigeración, clubes deportivos, riegos y servicios de incendios.

Fuente: Ayuntamiento de Zaragoza.

No obstante, a pesar del reducido porcentaje de usuarios industriales y de servicios conectados a la red, éstos representan, respectivamente, el 4,08% y el 18,58% del consumo de agua registrado en la ciudad (*cf.* Cuadro 4), con un consumo anual medio por contador de 1123,65 m³ en el caso de los usos industriales y de 370,18 m³ en los servicios (muy por encima de los 126,13 m³ por contador de los usuarios residenciales).

Cuadro 4
Consumo de agua por contador según el tipo de usuario
(% sobre el consumo total)

	1997	1998	1999	2000
Domésticos	77,21	77,04	77,88	76,22
Industrias y construcción	3,34	3,44	3,50	4,08
Servicios	18,47	18,28	17,88	18,58
Otros usos (a)	0,97	1,24	0,74	1,11

(a) Torres de refrigeración, clubes deportivos, riegos y servicios de incendios.

Fuente: Ayuntamiento de Zaragoza.

Por último señalar que en Zaragoza, el servicio de distribución de agua en baja, en virtud de lo establecido en la Ley de Bases de Régimen Local, lo presta el propio ayuntamiento bajo la fórmula de gestión directa, por lo que nos encontramos ante un servicio prestado en régimen de monopolio por parte del Sector Público.

4. El modelo propuesto

Los usuarios de la red urbana de agua de los sectores industrial y servicios, utilizan mayoritariamente el agua como un *input* en sus procesos productivos. Por ello, el modelo de demanda que proponemos se basa en el supuesto de que las empresas determinan la cantidad a utilizar de todos sus *inputs* (incluida el agua), con el objeto de minimizar los costes de producción de una cantidad de *output* determinada exógenamente. Esta hipótesis de comportamiento supone aceptar que la tecnología de las empresas en un momento del tiempo determinado puede ser caracterizada mediante una función de costes del tipo:

$$C(p_1, p_2, \dots, p_n, O, Z)$$

donde, p_1, p_2, \dots, p_n representan los precios de los diferentes *inputs* utilizados por la empresa; O es el nivel de *output* y Z es un vector que recogería otros factores relevantes.

Posteriormente, si se procede a derivar parcialmente esta función de costes con respecto a los precios de cada uno de los *inputs* obtendremos la función de demanda derivada de cada uno de ellos:

$$q_i^d = \frac{\partial C(p_1, p_2, \dots, p_n, O, Z)}{\partial p_i} \quad \forall i = 1, \dots, n$$

Dado que la estructura de costes de las empresas analizadas es desconocida, vamos a aproximarla mediante una función Cobb-Douglas, de modo que la demanda de agua de los usuarios industriales y de servicios se ajustará a la forma genérica:

$$\ln q_a^d = \ln \xi + \sum_{i=1}^n \delta_i \ln p_i + \beta_1 \ln O + \beta_2 \ln Z$$

En el caso que nos ocupa, la función de demanda que estimaremos posteriormente incluye, junto con el consumo de agua (q) como variable dependiente, las siguientes variables

explicativas: el precio del agua (p), el nivel de *output* (O), el coste del factor trabajo (L) y el gasto en capital físico (C), y el gasto en I+D (ID).

Los datos utilizados en la estimación proceden fundamentalmente de un panel de datos facilitado por el Ayuntamiento de Zaragoza en el que se recogen los consumos registrados durante el periodo 1996-2000 -20 lecturas en total- en los contadores de 298 usuarios comerciales e industriales conectados a la red urbana de suministro de agua de la ciudad. Además de esta información, este panel de datos contiene información relativa a la actividad económica desarrollada por los usuarios (epígrafes del IAE en que están dadas de alta en el periodo), así como al número de trabajadores y a la superficie que cada usuario tiene asignados a las actividades que desarrolla. Esta información (actividad económica, número de trabajadores y superficie por actividad), junto con la información agregada disponible en la Contabilidad nacional y regional (Valor Añadido Bruto y Formación Bruta de Capital Fijo), la Encuesta de estructura salarial (Costes Laborales) y la Estadística de I+D en España (Gasto en I+D) publicadas por el INE y en la estadística sobre Actividades Económicas en el territorio publicada por el IAEST (número de empresas por sector de actividad que operan en la Comunidad Autónoma de Aragón), se ha utilizado para aproximar aquellas variables sobre las que no se disponía de información individualizada.

Seguidamente, procederemos a presentar brevemente los aspectos más representativos de las variables que conforman la función de demanda de agua que pretendemos estimar.

1.- El consumo de agua

El principal inconveniente que nos encontramos a la hora de escoger una caracterización concreta para esta variable es que los periodos de lectura de los contadores y que teóricamente tienen un carácter trimestral -92 días de media entre cada revisión del contador- no son del todo homogéneos, ya que en la práctica se encuentran situados en un intervalo que oscila entre los 29 y los 182 días -esto es, entre un mes y seis meses- (*cf.* cuadro 5).

Por este motivo hemos optado por utilizar como variable endógena el consumo diario de agua en cada uno de los periodos de lectura considerados en el modelo. De esta manera, aunque se pierde realismo, ya que los usuarios difícilmente van a ser capaces de conocer con precisión la cantidad de agua que consumen cada día, ganamos en operatividad, ya que la opción escogida nos permite manejar una muestra de datos referidos a un periodo temporal uniforme.

2.- El precio del agua

El precio del agua se ha calculado a partir de las tarifas oficiales recogidas en las Ordenanzas Municipales del Ayuntamiento de Zaragoza. En ellas, la cuota variable o "importe de consumo" se establece en función del consumo medio diario de agua registrado en cada contador durante el periodo de lectura, al que se le aplica un precio unitario que se extrae de una tarifa de precios medios creciente (134 precios diferentes en el año 2002). En la práctica, el uso de esta tarifa de precios medios implica que todas las unidades de agua consumidas son

gravadas al precio correspondiente a la última unidad consumida, frente a las habituales tarifas de precios marginales en que el usuario paga el agua de cada tramo al precio fijado para ese tramo. ¹

Dado que los usuarios reciben sus facturas del agua (esto es, la información relativa a su consumo y al precio medio abonado) seis meses después de la lectura del contador (esto es, con dos periodos de retraso), la especificación del precio se ha hecho con dos retardados. Además, como no se sabe con certeza si los usuarios industriales y de servicios responden al precio medio del agua (que es el que ellos conocen a través de las facturas que reciben) o al precio marginal que subyace a la tarifa de precios medios cuando toman sus decisiones de consumo, la especificación de la variable precio adoptada se ajusta a la expresión del llamado *precio percibido* propuesto por Shin (1985), ya que es una caracterización del precio que permite reflejar simultáneamente la posibilidad de que los usuarios respondan al precio medio, al marginal o a ambos. Así, la variable precio que planteamos en el modelo a estimar se ajusta a la siguiente expresión:

$$p_t^* = pma_{t-2} (pme_{t-2} / pma_{t-2})^k$$

Donde p_t^* representa el *precio percibido*, esto es, la variable que los usuarios utilizan como referente en sus decisiones de consumo en un momento determinado; pma_{t-2} y pme_{t-2} son el precio marginal y el precio medio retardados dos periodos, respectivamente; y k es el *parámetro de percepción del precio*.

Dependiendo del valor que tome k se podrá saber cuál es la variable precio relevante para los usuarios. Así, si $k=0$, entonces el usuario decide sólo en función del precio marginal; si $k=1$ entonces la variable relevante es el precio medio. En los demás casos la interpretación de k dependerá de si la tarifa es o no progresiva. Así, en el caso de Zaragoza, donde la tarifa es progresiva, si $0 < k < 1$, entonces $pme < p^* < pma$; si $k < 0$, entonces $p^* > pme > pma$; y si $k > 1$, entonces $p^* < pme < pma$. Para un mayor detalle, véase Shin (1985), Nieswiadomy y Molina (1991) y Nieswiadomy (1992).

3.- El nivel de *output*

La variable *output* es un índice del nivel de actividad de los diferentes usuarios que se ha construido asignando a cada usuario el VAB de la Comunidad Autónoma de Aragón que en promedio genera una empresa de su mismo sector de actividad. En el caso de aquellos usuarios que desarrollan varias actividades pertenecientes a sectores de actividad diferentes, la imputación del correspondiente VAB se ha hecho ponderando éste por la superficie dedicada por el usuario a cada actividad económica.

¹ Un análisis detallado sobre las características y evolución de la tarifa del agua en Zaragoza entre 1990 y 2002 se encuentra en Barberán y Domínguez (2004).

$Output\ usuario = \sum_i \{[(VAB\ por\ rama\ de\ actividad\ en\ Aragón)/(n^\circ\ de\ actividades\ económicas\ por\ rama\ de\ actividad\ en\ Aragón)] * superficie\ dedicada\ a\ la\ actividad\} / superficie\ total$

4.- El coste del factor trabajo

El coste del factor trabajo ha sido aproximado mediante un índice que consiste en asignar a los trabajadores de cada elemento de la muestra la ganancia media por trabajador en la Comunidad Autónoma del correspondiente sector de actividad, actualizada, en cada uno de los periodos considerados, de acuerdo con el incremento salarial medio pactado en los convenios colectivos de la rama de actividad en la que están incluidos

5.- El gasto en capital físico.

Esta variable se ha construido de forma análoga al nivel de *output*, utilizando como referencia el gasto que realiza en promedio una empresa de una determinada rama de actividad en formación bruta de capital fijo. Al igual que en el caso del nivel de *output*, en el caso de los usuarios cuyas actividades están incluidas en diferentes ramas, el correspondiente gasto en formación bruta de capital físico ha sido ponderado de acuerdo con la superficie destinada a cada actividad.

6.- El gasto en I+D

El gasto en I+D se ha calculado de igual forma que el nivel de *output* y el gasto en capital físico, utilizando los gastos internos en I+D por ramas de actividad que realiza en promedio una empresa.

En el cuadro 5 se presentan la media, la desviación típica y varianza de los datos recabados para nuestro estudio empírico, así como los valores mínimo y máximo que presentan las observaciones de cada una de las variables.

CUADRO 5
Descripción estadística de las variables del modelo

	Media	Desv. típica	Máximo	Mínimo
Periodo de lectura (días)	91,75	6,319	182	29
Consumo total (m³)	55,74	176,478	3.807	1
Consumo medio diario (m³)	0,61	1,9298	39,656	0,00952381
Precio medio (ptas.)	55,28	48,0538	245	29
Precio marginal (ptas.)	75,61	73,9278	495	29
Output (ptas.)	19.549.190	46.174.213,296	577.447.184	686.433
Trabajo (ptas.)	13.791.387	25.057.490,509	319.827.696	1.380.800
Capital físico (ptas.)	3.347.807	4866650,09	51.235.656	26.233
I+D (ptas.)	193.742	603340,912	7.582.771	57

5.- La estimación del modelo

La ecuación de demanda que se va a estimar se ajusta, de acuerdo con lo señalado en el apartado anterior, a la expresión:

$$\ln q_{it} = \beta_0 + \delta_1 \ln \left(pma_{it-2} (pme_{it-2} / pma_{it-2})^k \right) + \beta_1 \ln O_{it} + \beta_2 \ln L_{it} + \beta_3 \ln C_{it} + \beta_4 \ln ID_{it} + u_{it} \quad (1)$$

siendo $u_{it} = \mu_i + v_{it}$, con $\mu_i \sim \text{IID}(0, \sigma_\mu^2)$ y $v_{it} \sim \text{IID}(0, \sigma_v^2)$.

A efectos de proceder a su estimación, el modelo (1) puede expresarse en términos lineales de la siguiente forma:

$$\ln q_{it} = \beta_0 + \delta_1 \ln pma_{it-2} + \delta_2 (pme_{it-2} / pma_{it-2}) + \beta_1 \ln O_{it} + \beta_2 \ln L_{it} + \beta_3 \ln C_{it} + \beta_4 \ln ID_{it} + u_{it} \quad (2)$$

donde: $\delta_2 = k\delta_1$, de manera que, una vez estimado el modelo, $\hat{k} = \hat{\delta}_2 / \hat{\delta}_1$.

Debemos tener presente que las características de los datos utilizados (datos de panel) exigen un tratamiento del modelo recogido en (2) diferente al que se llevaría a cabo si estuviésemos tratando con datos temporales o de corte transversal. Por otra parte, la especificación en (2) de las variables precio medio y marginal retardas dos periodos hace que nos encontremos ante un modelo indirectamente dinámico. Este rasgo particular del modelo se debe a que la tarifa que grava el consumo de agua en Zaragoza establece el precio a pagar por el agua en función del consumo realizado ($p_{it} = f(q_{it})$). Así, dado que $p_{it-2} = f(q_{it-2})$, q_{it-2} aparece de forma implícita en la ecuación (2).²

Otro aspecto del modelo (2) a tener en cuenta es que su carácter dinámico implica la existencia de un problema de correlación entre la perturbación u_{it} y las variables precio (que, como hemos apuntado antes, dependen de q_{it-2}) a través de μ_i . Esto hace que el procedimiento de estimación adecuado para el modelo (2) sea el descrito por Arellano y Bond (1991), consistente en utilizar la transformación del modelo original haciendo primeras diferencias, al objeto de eliminar μ_i del término de error. De acuerdo con lo anterior, el modelo a estimar será:

$$\begin{aligned} \ln q_{it} - \ln q_{it-1} = & \delta_1 (\ln pma_{it-2} - \ln pma_{it-3}) + \delta_2 \left(\ln \frac{pme_{it-2}}{pma_{it-2}} - \ln \frac{pme_{it-3}}{pma_{it-3}} \right) + \beta_1 (\ln O_{it} - \ln O_{it-1}) + \\ & + \beta_2 (\ln L_{it} - \ln L_{it-1}) + \beta_3 (\ln C_{it} - \ln C_{it-1}) + \beta_4 (\ln ID_{it} - \ln ID_{it-1}) + (v_{it} - v_{it-1}) \end{aligned} \quad (3)$$

Aunque al tomar primeras diferencias se evita el problema de falta de exogeneidad estricta derivado de la correlación entre las variables precio y el término de error, surge un problema de autocorrelación en la perturbación, dado que, como apuntan Arellano y Bond (1991), $\Delta v_{it} = v_{it} - v_{it-1}$ sigue un MA(1) con raíz unitaria, de modo que $E[\Delta v_i \Delta v_i'] = \sigma^2 G$,

$$\text{donde } G = \begin{pmatrix} 2 & -1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ -1 & 2 & -1 & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \dots & -1 & 2 \end{pmatrix} \text{ es una matriz } (T-2) \times (T-2)$$

² Para un mayor detalle acerca de los modelos indirectamente dinámicos véase Blundell et al. (1992).

En este contexto, la estimación de (3) debe realizarse en dos etapas, de manera similar al Método Generalizado de los momentos (MGM) propuesto por Arellano y Bond (1991): en la primera fase obtendremos una primera estimación de los parámetros de (3) utilizando la técnica de Mínimos Cuadrados Generalizados (MCG); en la segunda volvemos a estimar (3) por MCG utilizando los residuos obtenidos en la estimación de la primera etapa. El resultado final de la estimación es similar

Por último, existe un problema adicional relacionado con las características de los datos que forman la base con la que vamos a implementar el modelo (3). En concreto, este problema tiene su origen en que los datos disponibles para las variables O , L , C e ID presentan una variación temporal muy pequeña.³ De ahí que al transformar en primeras diferencias las variables del modelo nos encontraremos con muy pocos valores distintos de cero para la citadas variables, lo que dificulta seriamente la estimación de (3) por el procedimiento descrito anteriormente.

Este problema nos lleva a plantear la estimación de (3) sin considerar estas cuatro variables (O , L , C e ID), por cuanto el error de especificación que se cometerá será mínimo. Por tanto, la ecuación (3) se convierte en:

$$\Delta \ln q_{it} = \delta_1 \Delta \ln pma_{it-2} + \delta_2 \Delta \ln \left(\frac{pme_{it-2}}{pma_{it-2}} \right) + \Delta v_{it} \quad (4)$$

Una vez estimados δ_1 y δ_2 , recuperamos las variables en niveles, y definimos:

$$\ln q_{it}^* = \ln q_{it} - \hat{\delta}_1 \ln pma_{it-2} - \hat{\delta}_2 \ln \left(\frac{pme_{it-2}}{pma_{it-2}} \right), \text{ procediendo a estimar mediante la}$$

metodología de panel de efectos aleatorios (por cuanto es lo que se viene considerando desde el principio) el siguiente modelo:

$$\ln q_{it}^* = \beta_0 + \beta_1 O_{it} + \beta_2 L_{it} + \beta_3 C_{it} + \beta_4 ID_{it} + u_{it} \quad (5)$$

Una vez aplicada la técnica de estimación que acabamos de describir en el apartado anterior, la ecuación de demanda inicial (2) adoptará la expresión:

$$\ln \hat{q}_{it} = \underset{(-9,114)}{-10,479} - \underset{(-3,382)}{0,011} \ln pma_{it-2} - \underset{(-10,537)}{0,140} \left(\frac{pme_{it-2}}{pma_{it-2}} \right) + \underset{(5,131)}{0,347} \ln O_{it} + \underset{(6,950)}{0,343} \ln L_{it} - \underset{(-3,012)}{0,141} \ln C_{it} - \underset{(-9,115)}{0,024} \ln ID_{it}$$

Entre paréntesis se muestran los t-ratios de las diferentes variables que nos indican que todas ellas son significativas al 5%.

El valor estimado del *parámetro de percepción del precio* será: $\hat{k} = \hat{\delta}_2 / \hat{\delta}_1 = (-0,140) / (-0,011) = 12,727$. De acuerdo con Shin (1985), este valor estimado de k significa que para los usuarios comerciales e industriales el *precio percibido* (esto es, la variable

³ La información relativa a estas variables sólo cambia de 4 a 5 veces en los 20 periodos temporales considerados en el estudio que se corresponden con los cambios de año natural).

precio que consideran relevante en sus decisiones) del agua es menor que el precio medio, el cuál a su vez inferior al precio marginal.

Un repaso a los diferentes coeficientes estimados (que, dada la especificación doble logarítmica del modelo representan las elasticidades) nos muestra por una parte, que todos ellos presentan los signos esperados: negativo en el caso del precio, del gasto en inversión y del gasto en I+D y positivo en el caso del nivel de *output* y de los costes laborales; y, por otra, que todos ellos son inferiores en valor absoluto a la unidad, de manera que el efecto que genera un cambio en las variables del modelo sobre el consumo de agua de las industrias y servicios es menos que proporcional.

6.- Consideraciones finales

El objetivo que pretendíamos alcanzar con el presente trabajo era estimar económicamente la demanda de agua de los comercios e industrias conectados a la red pública de la ciudad de Zaragoza que nos permitiera conocer el efecto que diferentes variables económicas y, sobre todo, las tasas que gravan el servicio generan sobre la demanda de estos usuarios. Para ello hemos utilizado una metodología de datos de panel dinámicos, una metodología cuya aplicación resulta novedosa en el ámbito del estudio de la demanda de agua con fines industriales, si bien se ha utilizado en algunos trabajos que analizan la demanda de agua con fines residenciales (Arbués *et al.*, 2004, Arbués y Villanúa, 2006, por ejemplo).

Como se puede apreciar en el apartado anterior, los usuarios comerciales e industriales responden a una variable precio que es inferior al precio medio recogido en las tarifas oficiales, que, a su vez es inferior al precio marginal. Esta relación entre precio medio y marginal que se deriva del valor estimado de k resulta coherente con el carácter progresivo de la tarifa que grava el consumo de agua en Zaragoza, tal como se muestra en el estudio de la misma realizado por Barberán y Domínguez (2004). Por su parte, la relación existente entre el *precio percibido* y los precios medio y marginal que indica que los usuarios creen que el precio pagado es inferior al efectivo puede venir determinada por el hecho, señalado en Arbués y Barberán (2005), de que en la factura del agua (esto es, en la fuente de información relativa al precio más accesible para los usuarios) se informa únicamente acerca del precio medio, de modo que el ciudadano no puede conocer, a partir de la misma, cuál es el precio de cada unidad adicional que consume.

Además, como pone de manifiesto el valor de $\hat{\delta}_1$, que es el parámetro del precio que corresponde al *precio percibido* (p^*), tal y como se aprecia en la ecuación (1), la demanda de agua de los usuarios industriales y de servicios presenta una relación inversa con el precio del agua ($\hat{\delta}_1 < 0$) que además resulta ser muy inelástica ($\hat{\delta}_1 < -0,011$). Esto significa que, si bien los usuarios industriales y de servicios responden ante cambios en los precios dicha respuesta es muy pequeña. Si comparamos este resultado con los valores de la elasticidad precio de los usuarios residenciales de Zaragoza obtenidos en Arbués *et al.* (2004) y Arbués y Villanúa

(2006), los cuales varían entre (-0,081 y -0,029) se observa cómo estos usuarios responden algo mejor al precio. Este resultado, que no coincide con lo que cabría esperar a priori a partir de los trabajos empíricos existentes en la literatura, se puede explicar a partir de los siguientes hechos: i) los usuarios piensan que pagan un precio inferior al real, tal como pone de manifiesto el valor estimado del *parámetro de percepción del precio* ($\hat{k} = 12,727$); ii) la existencia de una tarifa única para los usuarios domésticos y los comerciales e industriales, da lugar a que el precio pagado por estos últimos represente, en general, una parte muy reducida de sus costes (menor que el porcentaje que representa la factura del agua respecto al gasto total de las familias); iii) el predominio de las actividades del sector servicios, sobre todo comerciales, frente a las industriales; de manera que se trata de unos usuarios que, en muchas ocasiones, presentan pautas de consumo similares a las de los usuarios residenciales; iii) los usuarios no disponen de buenos sustitutivos para muchos de los usos del agua.

Finalmente, en lo que respecta al resto de variables observamos cómo a mayor nivel de actividad cabe esperar un mayor consumo de agua, aunque se tratará de un incremento menos que proporcional ($\hat{\beta}_1 = 0,347$) lo que apunta hacia la presencia de economías de escala asociadas al uso del agua por parte de las industrias y servicios conectados a la red urbana. Un resultado similar se obtiene para la variable L que refleja el coste del factor trabajo ($\hat{\beta}_2 = 0,343$), un resultado que resulta coherente con la presencia mayoritaria de usuarios pertenecientes a un sector como el comercio minorista que tiende a ser intensivo en mano de obra. Este mismo argumento que acabamos de exponer sirve para explicar los valores estimados de las variables que recogen el gasto en capital ($\hat{\beta}_3 = -0,141$) y gasto en I+D ($\hat{\beta}_3 = -0,024$), así un mayor gasto en bienes de capital, así como en innovación permite reducir el consumo de agua, aunque al tratarse de usuarios pertenecientes mayoritariamente a sectores de actividad que no son intensivos en el uso del capital y/o de la tecnología el impacto de estas variables es reducido.

A la vista de los resultados que acabamos de presentar podemos concluir señalando que si se desea promover un consumo del agua más eficiente por parte de los usuarios comerciales e industriales los gestores de la red urbana de abastecimiento deberían por una parte separar las tarifas que gravan el consumo de los usuarios industriales y de servicios de las de los usuarios residenciales, al objeto de que éstos reflejen mucho mejor el verdadero coste tanto del recurso que consumen como de la prestación del servicio de abastecimiento y por otra, mejorar el nivel de conocimiento que estos usuarios tienen acerca del precio que pagan por el agua.

7.- Bibliografía

Arbués, F. y Barberán, R. (2005), Análisis y diseño de la tasa que grava el consumo doméstico de agua. El caso de la ciudad de Zaragoza, ponencia presentada en el *XII Encuentro de Economía Pública*, Palma de Mallorca, Febrero de 2005.

Arbués, F. y Villanúa, I. (2006), Potential for Pricing Policies in Water Resource Management: Estimation of Urban Residential Water Demand in Zaragoza, Spain, *Urban Studies*, 43, 13, pp.1-22.

Arbués, F., Barberán, R. y Villanúa, I. (2004), Price impact on urban residential water demand: A dynamic panel data approach, *Water Resources Research*, 40, W11402, doi: 10.1029/2004WR003092.

Arellano, M. y Bond, S. (1991), Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations, *Review of Economic Studies*, 58, págs. 277-297.

Babin, F., Willis, C.E. y Allen, P.G., Estimation of Substitution Possibilities between Water and Other Production Inputs, *American Journal of Agricultural Economics*, 64, 1, pp.149-152.

Barberán, R. y Domínguez, F. (2004). Análisis y propuesta de reforma de la tasa que grava el consumo de agua de los hogares en la ciudad de Zaragoza. Ayuntamiento de Zaragoza (inédito).

Blundell, R., Bond, S., Devereux, M. y Schiantarelli, F. (1992), Investment and Tobin's q: evidence from company panel data", *Journal of Econometrics*, 51, pp. 233-257.

De Gispert, C. (1999), *Tarifació i tributes sobre l'aigua: aproximació a la demanda d'aigua d'ús industrial*, Tesis Doctoral, Universidad de Barcelona.

DeRooy, J. (1974), Price responsiveness of the industrial demand for water, *Water Resources Research*, 10, 3, pp.403-406.

Dupont, D.P. y Renzetti, S. (2001), The Role of Water in Manufacturing, *Environmental and Resource Economics*, 18, pp.411-432.

Féres, J. y Reynaud, A. (2005), Assessing the Impact of Environmental Regulation on Industrial Water Use: Evidence from Brazil, *Land Economics*, 81, 3, pp.396-411.

García-Valiñas, M.A. (2005a), Efficiency and equity in natural resources pricing: a proposal for urban water distribution service, *Environmental and Resource Economics*, 32, 2, pp.183-204

García-Valiñas, M.A. (2005b), *Estimating urban water demands: a dynamic approach*, en Kounduri, ed. (2005)

Grebenstein, C.R. y Field, B.C. (1979), Substituting for Water Inputs in U.S. Manufacturing, *Water Resources Research*, 15, 2, pp.228-232.

Instituto Aragonés de Estadística (2006), *Actividades Económicas en el Territorio*, http://portal.aragob.es/servlet/page?_pageid=4560&_dad=portal30&_schema=PORTAL30

Kindler, J.J. y Russell, C.S., eds. (1984), *Modelling Water Demands*, Academic Press, Londres.

Kounduri, P., ed. (2005), *Econometrics Informing Natural Resources Management: Selected Empirical Analyses*, Edward Elgar Publishing, Cheltenham

Kumar, S. (2006), Analysing Water Demand in India: An Input Distance Function Approach, *Water Policy*, 8, pp.15-29.

la Caixa (2005), *Anuario Social de España 2004*, Servicio de Estudios de la Caixa, Barcelona.

Malla, P.B. y Gopalakrishnan, C. (1999), The Economics of Urban Water Demand: The case of Industrial and Comercial Water Use in Hawaii, *Water Resources Development*, 15, 3, pp.367-374.

Nieswiadomy, M.L. (1992), Estimating Urban Residential Water Demand: Effects of Price Structure, Conservation and Education, *Water Resources Research*, 28, 3, pp.609-615.

Nieswiadomy, M.L. y Molina, D.J. (1991), A note on price perception in water demand models, *Land Economics*, 67, 3, pp.352-359.

Rees, J. (1969), *Industrial Demand of Water: A Study of South East England*, Weidenfeld and Nicholson, Londres.

Renzetti, S. (1988), An Econometric Study of Industrial Water Demands in British Columbia, Canada, *Water Resources Research*, 24, 10, pp.1569-1573.

Renzetti, S. (1992), Estimating the Structure of Industrial Water Demands: The Case of Canadian Manufacturing, *Land Economics*, 68, 4, pp.396-404.

Renzetti, S. (1993), Examining the Differences in Self- and Publicly Supplied Firms' Water Demands, *Land Economics*, 69, 2, pp.181-188.

Renzetti, S. y Dupont, D.P. (2003), *The Value of Water in Manufacturing*, Working Paper ECM 03-03, CSERGE, Universidad de East Anglia

Reynaud, A. (2003), An Econometric Estimation of Industrial Water Demand in France, *Environmental and Resource Economics*, 25, 2, pp.213-232.

Shin, J. (1985), Perception of price when price information is costly: evidence from residential electricity demand, *The Review of Economics and Statistics*, 67(4), 591:598.

Stone, J.C. y Whittington, D. (1984), Industrial Water Demands, en Kindler, J.J. y Russell, C.S., eds. (1984), pp.51-100.

Turnovsky, S. (1969), The demand for water: Some Empirical Evidence on Consumers' Response to a Commodity Uncertain in Supply, *Water Resources Research*, 5, 2, pp.350-361

Wang, H. y Lall, S. (1999), *Valuing Water for Chinese Industries: A Marginal Productivity Assessment*, Policy Research Working Paper 2236, Banco Mundial

Williams, M. y Suh, B. (1986), The Demand for Urban Water by Customer Class, *Applied Economics*, 18, pp.1275-1289.

Ziegler, J. y Bell, S. (1984), Estimating the Demand for Intake Water by Self-Supplied Firms, *Water Resources Research*, 20, 1, pp.4-8.