

LA GESTIÓN DEL SERVICIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN LAS CIUDADES: ¿EMPRESA PÚBLICA O PRIVADA?

Miguel A. García-Rubio
Universidad de Granada
Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales
Departamento de Economía Aplicada
Campus de Cartuja
18011 Granada (España)
Tel: 958 12 95 02
Email: magrubio@telefonica.net

Francisco González-Gómez
Universidad de Granada
Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales
Departamento de Economía Aplicada
Campus de Cartuja
18011 Granada (España)
Tel: 958 24 99 96
Email: fcojose@ugr.es

Jorge Guardiola Wanden-Berge
Universidad de Granada
Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales
Departamento de Economía Aplicada
Campus de Cartuja
18011 Granada (España)
Tel: 958 24 96 19
Email: jguardiola@ugr.es

LA GESTIÓN DEL SERVICIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN LAS CIUDADES: ¿EMPRESA PÚBLICA O PRIVADA?

RESUMEN

La mejora de la eficiencia ha sido el principal argumento expuesto para justificar los procesos de privatización. Aún tratándose de un monopolio natural, algunas naciones han adaptado sus normativas para privatizar en distinto grado la gestión del servicio municipal de aguas. A partir de una muestra de unidades de gestión del servicio de abastecimiento urbano de aguas en Andalucía y haciendo uso de técnicas de estimación de la eficiencia por programas mediante Análisis Envolvente de Datos se analiza si existen diferencias entre la gestión pública y la privada. En los resultados se obtiene que la entrada de la empresa privada en el sector no ha supuesto la esperada mejora en los niveles de eficiencia.

Palabras clave: Servicios de aguas; Eficiencia; Propiedad en la gestión; Agua

Códigos JEL: L95, L20, L33, Q25

1. INTRODUCCIÓN

Las potenciales ganancias de eficiencia han sido el principal argumento expuesto para justificar los procesos de privatización que vienen produciéndose desde el último cuarto del siglo pasado. Ganancias esperadas en la eficiencia a partir de hipótesis basadas en la Teoría de la Agencia (Alchian y Demsetz, 1972), la Teoría de la Elección Pública (Niskanen, 1971), la Ineficiencia X (Leibenstein, 1966), la multiplicidad de objetivos a los que suele atender la empresa pública, las relaciones laborales y el proceso de elección de los directivos, han servido para defender la entrada del sector privado en actividades tradicionalmente vinculadas al sector público.

Aunque el agua es un bien de primera necesidad y la prestación del servicio municipal de aguas sea un caso evidente de monopolio natural¹, la legislación de algunas naciones permite la participación del sector privado en la industria. Si bien es cierto que en países como Austria, Canadá, Dinamarca, Finlandia, Grecia, Japón, Corea, Polonia, Suecia, Suiza y Turquía la prestación del servicio de aguas sigue en manos públicas, en naciones como Francia, Portugal, España, Estados Unidos, Alemania y Australia la normativa permite en distinto grado la entrada de la empresa privada en la

¹ Estos servicios son un caso evidente de monopolio natural en la esfera local (Vickers y Yarrow, 1988). Se trata de un sector muy intensivo en factor capital y con elevados costes fijos, en el que las duplicidades de las redes de abastecimiento de aguas resultan ineficientes (Hayes, 1987). Posiblemente, la naturaleza del sector hace que no sea posible ni deseable la competencia directa entre empresas (Elnaboulsi, 2001). En diversas ciudades de Canadá y Reino Unido, a principios del siglo XIX, se instalaron varias redes de agua que competían entre sí; la experiencia resultó efímera y dichas redes se convirtieron rápidamente en monopolios (Klein, 1996).

industria. En Reino Unido se ha llegado al caso más extremo de privatización, ya que los cambios normativos procuraron en 1989 la completa privatización del servicio urbano de aguas.

En España, la Ley 7/1985, de 2 de abril, reguladora de las Bases del Régimen Local señala entre las competencias de los entes locales el suministro de agua. Sin embargo, la norma no obliga a que sea la propia administración local la que gestione este servicio. Entre las distintas formas de gestión comprendidas en la normativa, se contempla la participación privada en la gestión del servicio. Actualmente en España la gestión enteramente pública presta el servicio de abastecimiento de agua al 47% de la población, y la empresa privada está presente en la prestación del servicio al 53% de la población (AEAS, 2006).

Transcurridos ya casi 25 años desde que la legislación española permitiera la entrada al sector privado en la gestión del servicio urbano de aguas la pregunta que nos formulamos es si la gestión privada muestra una conducta superior a la gestión pública. El caso español puede considerarse un excelente banco de pruebas para el investigador, ya que el marco normativo hace posible la comparación de la conducta de unidades de gestión que operan bajo distintas formas jurídicas, resultado de la libre elección de los gobiernos locales, con idénticas exigencias legales de prestación del servicio en localizaciones muy próximas. El interés de la investigación es evidente, ya que orienta sobre la forma de gestión más adecuada para un servicio de interés público que reúne las características del monopolio natural en el ámbito local.

En la investigación se aplica un Análisis de la Envolvente de Datos (DEA) a una muestra de empresas de Andalucía. Aunque la metodología DEA es frecuente en los análisis de eficiencia, el enfoque de estimación de la eficiencia por programas ha sido escasamente empleado en los estudios sobre esta industria (Aida et al., 1997; Anwandter y Ozuna, 2002; García-Sánchez, 2006). Sólo García-Sánchez (2006) emplea esta metodología para contrastar la influencia del tipo de propiedad en la gestión sobre la eficiencia. Pero en esta investigación además también se utiliza para comprobar si determinados factores geográficos no capturados por el modelo condicionan nuestros resultados iniciales. Además, proponemos una especificación del modelo que contempla como outputs diversas variables de entorno como alternativa a los análisis de segunda etapa²; por tanto, obtenemos estimaciones de eficiencia netas del efecto de la calidad, de las economías de densidad de usuarios y de las características topográficas del área de cobertura.

Para dar respuesta a la cuestión planteada el resto del documento se estructura del siguiente modo. En la sección 2 se revisa la literatura que ha analizado el efecto del tipo de propiedad en la gestión sobre el comportamiento de los servicios de agua urbanos en los últimos treinta años. La sección 3 informa sobre la metodología empleada. La sección 4 describe los datos y la selección de variables. En la sección 5 se presentan los resultados. El documento finaliza con un resumen y conclusiones.

² El uso de modelos Tobit en análisis de segunda etapa ha sido recientemente cuestionado por Hoff (2007).

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

A partir de los trabajos pioneros de Mann y Mikesell (1976), Morgan (1977) y Crain y Zardkoohi (1978) la comparación en los niveles de eficiencia entre la gestión pública y la privada ha sido un tema recurrente de la investigación en la industria analizada. En el Anexo ofrecemos un resumen de los trabajos que han analizado el efecto del tipo de propiedad en la gestión sobre el comportamiento de los servicios de agua en los últimos treinta años. De un total de 62 trabajos analizados solo 7 concluyen la superioridad de la gestión pública sobre la privada, mientras que 21 llegan a la conclusión contraria. Sin embargo, es significativo que 34 estudios no sean capaces de encontrar ninguna diferencia entre ambas formas de gestión.

Del total de trabajos analizados 22 son estudios de caso que analizan el resultado de procesos privatizadores en América Latina, África y Asia. Globalmente tienden a encontrar mejoras tras un proceso privatizador; concretamente en 12 trabajos se considera superior la gestión privada y solo en 3 se juzga negativamente la privatización. Pero estos estudios, patrocinados mayoritariamente por el Banco Mundial, adolecen de cierto sesgo de selección y es difícil generalizar sus resultados.

El resto de estudios se refieren mayoritariamente a países de la OCDE. Entre estos hay dos orientaciones principales: la mayoría son trabajos que comparan la gestión pública y la privada y, los demás analizan los efectos de un proceso privatizador; estos últimos generalmente referidos al caso del Reino Unido. Todos ellos tienen en común que tratan de alcanzar una estimación de la eficiencia y/o la productividad de los servicios de aguas analizados, si bien, utilizando diversos enfoques metodológicos. Precisamente esta falta de homogeneidad en la metodología podría ser un condicionante de la diversidad de resultados, como tempranamente se reconoce en Teeple y Glycer (1987a).

Probablemente, uno de los resultados más importantes de una parte de estos trabajos es la evidencia de la importancia de otros factores sobre la conducta empresarial. De hecho la supuesta superioridad de una forma de propiedad sobre otra está condicionada no por la propiedad en sí misma, sino por factores como la escala de operaciones, los factores de entorno o ambientales y el marco regulador.

Respecto a la escala de operaciones, en EE.UU. Bhattacharyya et al. (1995a) encuentran que en las empresas de menor dimensión la gestión privada es más eficiente que la pública, ocurriendo lo contrario cuando las empresas tienen un tamaño mayor. Mientras que en Japón Aida et al. (1997) concluyen que las empresas privadas son más eficientes que las públicas en áreas más densamente pobladas pero menos eficientes en áreas rurales.

Ya en Teeple y Glycer (1987a) se propone investigar las ventajas relativas de ambas formas de propiedad en la gestión según el entorno productivo. La importancia de las variables ambientales en los análisis de eficiencia de este sector ha sido recientemente estudiada por Picazo et al. (2007). Raffiee et al. (1993) en EE.UU. encuentran una significativa variabilidad regional de la eficiencia entre ambos tipos de formas de gestión. Ashton (2000b) concluye que la dispersión de las estimaciones de eficiencia no

solo está relacionada con las diferencias de comportamiento antes y después de la privatización de 1989 en Inglaterra y Gales, sino con la variedad de entornos operativos. Y Ménard y Saussier (2000) en Francia encuentran que las empresas públicas exhiben mejor comportamiento cuando la calidad del agua en origen es baja y las inversiones son elevadas.

Por último, el entorno regulador parece ser un factor clave de la eficiencia de las empresas. En EE.UU. Raffiee et al. (1993) concluyen que las medidas institucionales adoptadas son de gran importancia para la conducta empresarial. Para el caso británico Saal y Parker (2000) rechazan que la privatización supusiera una reducción en la tendencia de crecimiento de los costes pero, en cambio, encuentran que los cambios regulatorios introducidos en 1995 tuvieron un impacto positivo sobre la reducción de costes; aunque en Saal y Parker (2001) se rechaza que dicho cambio regulatorio hubiera promovido una mejora de la eficiencia. Por el contrario, Bottaso y Conti (2003) concluyen que la modificación del entorno regulador promovió una reducción de la ineficiencia empresarial continuada hasta 2001. Y es que en entornos tradicionalmente considerados como no competitivos, las ganancias de eficiencia parecen estar más relacionadas con los niveles de competencia que pueda introducir el cambio regulatorio asociado al proceso privatizador que al mero cambio de titularidad (Kay y Thomson, 1986; Vickers y Yarrow, 1988).

En resumen, la evidencia empírica no ofrece un resultado concluyente acerca de la superioridad de una forma de propiedad en la gestión sobre otra (Renzetti y Dupont, 2003; González-Gómez y García-Rubio, 2008; Bel y Warner, 2008). Aparte de las diferentes metodologías utilizadas, los entornos ambientales heterogéneos de los servicios de aguas analizados o los diferentes marcos regulatorios en que operan podrían explicar la variabilidad de los resultados.

3. METODOLOGÍA

En este apartado se describe la metodología utilizada en la investigación. En un primer epígrafe especificamos el modelo DEA utilizado: un modelo BCC³ en dos etapas que nos permite identificar todas las holguras. En el segundo epígrafe describimos los pasos de la estimación de la eficiencia por programas, siguiendo el método Brockett-Golany.

3.1. Descripción del modelo DEA utilizado

El primer paso de la metodología DEA para la estimación de índices de eficiencia productiva consiste en describir las propiedades de la tecnología de producción a partir de una serie de supuestos. Dichos supuestos tecnológicos junto con los datos realmente observados permiten determinar el conjunto de posibilidades de producción (CPP) o conjunto de procesos tecnológicamente factibles.

³ Así denominado por haber sido desarrollado por Banker, Charnes y Cooper (1984).

Supóngase un proceso productivo que emplea niveles de inputs $\mathbf{x} \in \mathfrak{R}_+^m$ para producir niveles de outputs $\mathbf{y} \in \mathfrak{R}_+^s$. Sea \mathbf{P} el conjunto de procesos productivos:

$$\mathbf{P} = \{(\mathbf{x}, \mathbf{y}) / \mathbf{x} \in \mathfrak{R}_+^m \text{ puede producir } \mathbf{y} \in \mathfrak{R}_+^s\}$$

que definen el CPP. Las características tecnológicas de \mathbf{P} son:

1. Es tecnológicamente posible no producir nada, $(0, 0) \in \mathbf{P}$, pero no es posible producir outputs sin consumir inputs.
2. Convexidad. Si dos procesos productivos pertenecen al CPP, todas sus combinaciones lineales convexas también pertenecen al CPP. Si $(\mathbf{x}, \mathbf{y}), (\mathbf{x}', \mathbf{y}') \in \mathbf{P}$, $\alpha \in [0, 1]$ entonces $\alpha \cdot (\mathbf{x}, \mathbf{y}) + (1-\alpha) \cdot (\mathbf{x}', \mathbf{y}') \in \mathbf{P}$.
3. Eliminación gratuita de inputs estricta. Se puede producir la misma cantidad de outputs utilizando una cantidad mayor de cualquier input, es decir, es posible desechar el exceso de inputs a un coste nulo. Si $(\mathbf{x}, \mathbf{y}) \in \mathbf{P}$, $\mathbf{x}' \geq \mathbf{x}$ entonces $(\mathbf{x}', \mathbf{y}) \in \mathbf{P}$.
4. Eliminación gratuita de outputs estricta. Es posible producir una cantidad menor de cualquier output utilizando las mismas cantidades de inputs. Si $(\mathbf{x}, \mathbf{y}) \in \mathbf{P}$, $\mathbf{y}' \leq \mathbf{y}$ entonces $(\mathbf{x}, \mathbf{y}') \in \mathbf{P}$. Este supuesto, junto con el anterior, equivalen a decir que la producción ineficiente es posible.
5. Rendimientos a escala variables. El supuesto de rendimientos constantes a escala es muy restrictivo para una actividad como el servicio de abastecimiento de agua urbano. Para relajar este supuesto, manteniendo las propiedades 2, 3 y 4, se introduce la restricción (Afriat, 1972):

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

siendo λ_j las componentes del vector de intensidad y n el número de unidades de gestión (DMUs)⁴ de la muestra. El estimador del CPP incluye todas las combinaciones lineales convexas de las unidades observadas, pero no se permite reescalar arbitrariamente la actividad de ningún proceso productivo observado. Esta restricción fue utilizada por Banker et al. (1984), por lo que el modelo envolvente derivado toma la denominación BCC.

El segundo paso para aplicar la metodología DEA es definir el índice de eficiencia cuyo valor se desea estimar. En los estudios sobre el sector es común introducir como variable output el agua suministrada a los consumidores finales. Aunque las empresas suministradoras tienen cierta capacidad para modificar su nivel (campañas de concienciación o modificaciones del área de cobertura), en general, este output es considerado exógeno en la literatura. De este modo, utilizamos un índice radial input orientado⁵; este modelo busca, dado el nivel de outputs, la máxima reducción proporcional en el vector de inputs permaneciendo dentro del CPP.

⁴ Dado que utilizamos una metodología DEA empleamos la denominación DMU (Decision Making Unit) para referirnos a cada una de las unidades de análisis de nuestra muestra. El término es utilizado por primera vez en un artículo seminal de la literatura DEA para referirse a entidades sin ánimo de lucro, pero su uso se ha extendido para hacer referencia a cualquier tipo de unidad de producción.

⁵ Hasta donde sabemos, esta es la orientación utilizada comúnmente en los estudios sobre este sector; solo en el trabajo de Picazo et al. (2009) se utiliza una orientación output.

El modelo DEA-BCC input orientado puede describirse:

$$\begin{aligned}
 & \theta^* = \min \theta \\
 \text{sujeto a} \quad & \sum_{j=1}^n \lambda_j \cdot x_{ij} \leq \theta \cdot x_{i0} \quad i = 1, \dots, m \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j \cdot y_{rj} \geq y_{r0} \quad r = 1, \dots, s \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\
 & \lambda_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, n
 \end{aligned} \tag{1}$$

donde x_{i0} e y_{r0} son el i -ésimo input y el r -ésimo output para la DMU₀ bajo evaluación.

Resolviendo el modelo (1) para cada DMU individual obtenemos la máxima reducción proporcional del input, obteniendo los valores holgura de forma residual. No obstante, siguiendo a Coelli et al. (1998), este método no permite siempre identificar todas las holguras, debido a la posible presencia de soluciones óptimas múltiples; por tanto, aunque una DMU satisfaga la condición de eficiencia de Farrell o eficiencia débil ($\theta^* = 1$) es posible que no se satisfaga la condición de eficiencia de Pareto-Koopmans o eficiencia fuerte ($\theta^* = 1$, $s_i^- = 0$, $s_r^+ = 0$). Es decir, al comparar la DMU evaluada con su proyección radial sobre la frontera del CPP nada garantiza que dicha proyección pertenezca al subconjunto eficiente del CPP. Para solventar este problema Ali y Seiford (1993) plantean la resolución del modelo:

$$\begin{aligned}
 & \max \sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \\
 \text{sujeto a} \quad & \sum_{j=1}^n \lambda_j \cdot x_{ij} + s_i^- = \theta^* \cdot x_{i0} \quad i = 1, \dots, m \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j \cdot y_{rj} - s_r^+ = y_{r0} \quad r = 1, \dots, s \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\
 & \lambda_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, n
 \end{aligned} \tag{2}$$

siendo s_i^- y s_r^+ las holguras de input i -ésimo y del output r -ésimo respectivamente.

De hecho, los modelos (1) y (2) representan un proceso DEA en dos etapas incluidas en el siguiente modelo:

$$\min \theta - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right)$$

$$\begin{aligned}
\text{sujeto a} \quad & \sum_{j=1}^n \lambda_j \cdot x_{ij} + s_i^- = \theta \cdot x_{i0} & i = 1, \dots, m \\
& \sum_{j=1}^n \lambda_j \cdot y_{rj} - s_r^+ = y_{r0} & r = 1, \dots, s \\
& \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\
& \lambda_j \geq 0 & j = 1, \dots, n
\end{aligned} \tag{3}$$

Así, en la primera etapa (1) se obtiene el θ^* óptimo que permite la máxima reducción radial de los inputs; y, en la segunda etapa (2) el desplazamiento sobre la frontera eficiente se consigue a través de la optimización de las variables holgura. De hecho, la presencia de DMUs débilmente eficientes es la causa de soluciones óptimas múltiples del modelo (1). Por tanto, si en la muestra no hay DMUs débilmente eficientes, cosa que desconocemos a priori, la aplicación del modelo (3) ofrece los mismos resultados que el modelo (1).

3.2. El método Brockett-Golany de estimación de la eficiencia por programas

La evaluación de la eficiencia por programas es un enfoque desarrollado inicialmente por Charnes et al. (1981). Su objetivo principal no es la evaluación de las DMUs individuales, sino detectar las diferencias de eficiencia potenciales entre distintos programas productivos. En nuestro caso el objetivo prioritario de este enfoque es distinguir entre la ineficiencia que responda a una mala gestión por parte del productor (eficiencia individual) de aquella que esté relacionada con el tipo de propiedad –pública o privada– en la gestión (eficiencia por programas).

En el ámbito del abastecimiento urbano de agua esta aproximación ha sido utilizada especificando diferentes programas. Aida et al. (1997) intentan contrastar si existen diferencias de eficiencia entre grandes y pequeños suministradores de agua, así como entre diversas prefecturas de Japón. Anwandter y Ozuna (2002) utilizan este enfoque para contrastar el efecto sobre la eficiencia de las reformas institucionales mexicanas iniciadas en 1989, básicamente la descentralización de la responsabilidad de las operaciones de abastecimiento y el establecimiento de un regulador autónomo. Y García-Sánchez (2006) contrasta la influencia sobre la eficiencia del tipo de propiedad en la gestión utilizando datos de los servicios de aguas de 24 ciudades españolas.

En su artículo original Charnes et al. (1981) no emplean ningún estadístico para comparar las distribuciones de índices de eficiencia de cada programa. Brockett y Golany (1996) proponen aplicar el test de rangos de Mann-Whitney para contrastar la hipótesis nula de que los programas tienen la misma distribución de índices de eficiencia.

Para determinar si dos subgrupos de DMUs tienen la misma distribución de los resultados de eficiencia este enfoque utiliza el siguiente procedimiento:

- *Paso 1.* Dividimos el conjunto de n DMUs en dos subgrupos o programas que constan de n_1 y n_2 DMUs respectivamente ($n_1 + n_2 = n$) y aplicamos el modelo (3) por separado para cada uno de estos subgrupos. Obviamente es necesario que cada uno de los subgrupos cuente con un número de observaciones suficiente en función del número de inputs y outputs especificados en el modelo pues, en caso contrario, pueden aparecer problemas por falta de grados de libertad.

- *Paso 2.* En cada uno de los subgrupos proyectamos las DMUs ineficientes a su frontera respectiva, modificando sus datos originales a partir del valor alcanzado por su índice de eficiencia y sus holguras; como utilizamos una orientación input:

$$\hat{x}_{i0} = \theta^* x_{i0} - s_i^{-*} \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\hat{y}_{r0} = y_{r0} - s_r^{+*} \quad r = 1, 2, \dots, s$$

El propósito de este paso es compensar las diferencias de eficiencia entre DMUs que pertenezcan al mismo programa, eliminando de este modo la ineficiencia individual o, dicho de otro modo, eliminando las diferencias intraprograma.

- *Paso 3.* Las potenciales diferencias interprograma se obtienen resolviendo de nuevo el modelo (3), en el que se incluyen todas las DMUs con sus datos modificados.

- *Paso 4.* Siguiendo a Brockett y Golany (1996) aplicamos el test de rangos de Mann-Whitney a los resultados de eficiencia obtenidos en el paso anterior. Para ello ordenamos todas las DMUs de mayor a menor resultado de eficiencia; en caso de igualdad entre algunas unidades asignamos la media del rango a éstas. A continuación calculamos R , la suma de los rangos para el primer subgrupo de tamaño n_1 , y obtenemos el estadístico de test de rangos para este subgrupo a partir de la expresión:

$$U = n_1 \cdot n_2 + \frac{n_1 \cdot (n_1 + 1)}{2} - R$$

Siempre que $n_1, n_2 \geq 10$ podemos calcular el estadístico:

$$Z = \frac{U - \frac{n_1 \cdot n_2}{2}}{\sqrt{\frac{n_1 \cdot n_2 \cdot (n_1 + n_2 + 1)}{12}}}$$

que sigue asintóticamente una distribución normal estándar. Rechazamos la hipótesis nula (H_0) los dos subgrupos presentan el mismo nivel de eficiencia a un nivel de significación α si $Z \leq -Z_{\alpha/2}$ o $Z \geq Z_{\alpha/2}$, donde $Z_{\alpha/2} \geq 0$ se obtiene de una tabla de distribución normal.

4. DATOS Y VARIABLES

Los datos utilizados en el estudio se han extraído de los expedientes de revisión de tarifas de los servicios de abastecimiento de agua de Andalucía remitidos a la Comisión Autónoma de Precios.⁶ La información está referida a 13 unidades de gestión de

⁶ En España el diseño y modificación de las tarifas del servicio de abastecimiento de agua corresponde al Ayuntamiento, que deberá aprobarlas en Pleno. Si dicha tarifa tiene la consideración de tasa su publicación en el Boletín Oficial de la Provincia finaliza el proceso. Si, por el contrario, las tarifas tienen

grandes dimensiones, que prestan sus servicios a casi el 50% de la población andaluza. En todos los casos se trata de unidades de gestión que adoptan una forma empresarial. Se analizan situaciones en las que el gobierno local decidió externalizar la gestión a una empresa pública o a una empresa privada. Entre estos encontramos empresas que prestan sus servicios a un solo municipio junto a otras que lo hacen a consorcios o mancomunidades de éstos.

El período de estudio comprende los años 1997 a 2005. Se dispone información de cuatro ejercicios distintos para cada una de las 13 empresas, por lo que en total se trabaja con 52 observaciones. Este proceder permite aumentar los grados de libertad del modelo, tal y como hacen García-Valiñas y Muñiz (2007) para una muestra de tres municipios españoles durante un período de estudio de 16 años. Por tanto, en el análisis no se toma en consideración el cambio tecnológico. Se supone que en el período de tiempo analizado, 8 años, no se han producido cambios importantes en la tecnología. Este supuesto permite considerar el dato de cada empresa en momentos distintos del tiempo como una unidad de análisis distinta (Thanassoulis, 2000b). Al tratarse de un sector maduro es posible introducir la hipótesis de estabilidad en la tecnología.⁷ En la Tabla 1 se ofrece la distribución de las observaciones de la muestra según su gestión sea pública o privada, y según la cuenca hidrográfica en que esté ubicada su área de cobertura.

Tabla 1. *Observaciones de la muestra según propiedad en la gestión y cuenca hidrográfica*

	Cuenca Mediterránea-Atlántica	Cuenca del Guadalquivir
Empresa pública	16	12
Empresa privada	8	16

la consideración de precio están sujetas a un doble control. En este último caso las tarifas están sujetas al régimen de precios autorizados y el expediente de revisión de tarifas deberá ser remitido a la Comisión de Precios correspondiente que otorgará, en su caso, la autorización siendo las nuevas tarifas publicadas en el Boletín Oficial de la Junta de Andalucía.

⁷ Según Fernández Pérez (1995, p. 19): “*Tanto el abastecimiento de agua como el saneamiento utilizan, en la construcción y explotación de sus infraestructuras, tecnologías maduras, bien asentadas, que han ido experimentando a lo largo de los años la evolución e innovación suficiente para dar cumplida respuesta a las necesidades de los servicios en cada momento, conforme éstas se han ido presentando. El reto que tienen ante sí los servicios de abastecimiento de agua y de saneamiento urbano en este último decenio del siglo XX tiene que ver más con los aspectos generales relativos a su gestión que con los puramente tecnológicos.*”

Para la especificación del modelo es necesario seleccionar las variables empleadas. Este es un paso esencial en el análisis DEA. El proceso productivo se identifica con dos input y cuatro output:

Input:

- GEX, gastos de explotación (en miles de €).
- 1/REH, la variable REH es el rendimiento hidráulico utilizado como proxy del estado de conservación de la red; se trata de un input deseable.

Output:

- AFA, volumen de agua facturada (en miles de m³).
- CAL, índice de calidad aproximado por el número de parámetros determinados en los análisis de control sanitario de las aguas.
- DIS, medida de la dispersión poblacional aproximada por el cociente entre la longitud de la red de abastecimiento y el número de acometidas (metros por acometida).
- POT, potencia instalada (en CV), como proxy de las características topográficas del área de cobertura.

La Tabla 2 muestra los estadísticos descriptivos de las variables utilizadas en este estudio.

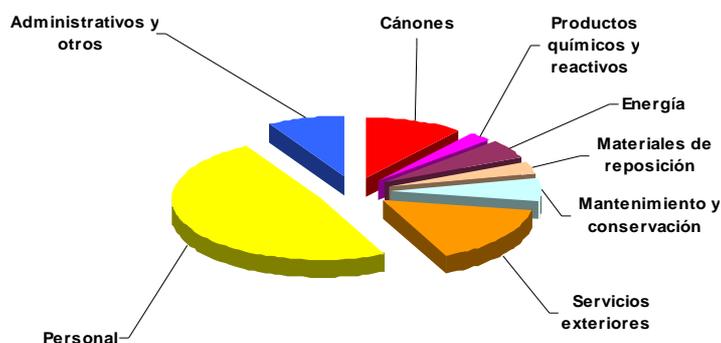
Tabla 2. Estadísticos descriptivos de las variables de la muestra

VARIABLES	UNIDADES	Media	Desviación típica	Máximo	Mínimo
<i>Inputs:</i>					
GEX	Miles de euros	9.437,25	9.743,32	40.425,51	2.118,02
1/REH	-	1,6439	0,2393	2,2203	1,2859
<i>Outputs:</i>					
AFA	Miles de metros cúbicos	15.803,43	17.088,03	71.354	3.270,94
CAL	Número de parámetros	3.373	1.474,52	7.640	1.706
DIS	Metros por acometida	8,5843	4,0978	17,2272	3,1609
POT	CV	7.228,59	8.840,11	31.515	170

La variable gastos de explotación⁸ comprende las siguientes partidas de un servicio de aguas: consumo de productos químicos y reactivos, energía, consumo de materiales, conservación y mantenimiento, servicios exteriores, personal y otros gastos de gestión. De este modo, no hemos incluido en GEX la compra de agua y el pago de cánones, las dotaciones para amortizaciones⁹, la retribución a la gestión del servicio y los tributos. Por tanto, la variable GEX no coincide con los costes de explotación totales que presentan las empresas en los expedientes de revisión de tarifas ante la Comisión de Precios de Andalucía. Los datos de costes utilizados, expresados originalmente en pesetas corrientes, se han transformado a euros constantes de 2003 a partir del IPC obtenido del INE.

En la Figura 1 se muestra la distribución porcentual de los diferentes capítulos de gastos de una empresa promedio de nuestra muestra.

Figura 1. Distribución porcentual de los costes



La variable REH es una proxy del estado de conservación de la red de abastecimiento y de su antigüedad. Se trata de un input inverso desde el punto de vista de la eficiencia y, en consecuencia, no tiene sentido su minimización al tener un carácter deseable para la empresa. Existen en la literatura diversos tratamientos de los inputs deseables. Nosotros utilizamos el valor inverso, $1/REH$, siguiendo la aproximación propuesta por Golany y Roll (1989) y aplicada, entre otros, por Lovell et al. (1995); esta transformación de los datos originales permite considerar los valores transformados como un input tradicional. La principal ventaja de esta aproximación es la posibilidad

⁸ Con diversas definiciones la variable gastos de explotación es un input común en los estudios sobre el sector que utilizan un enfoque DEA, ya sea como único input en Cubbin y Tzanidakis (1998), Thanassoulis (2000a, b), Seroa da Motta y Moreira (2006), y García Valiñas y Muñiz (2007) o junto con otros inputs en Aida et al. (1998), Ordoñez y Bru (2003), Coelli y Walding (2006), Berg y Lin (2008) y Picazo et al. (2008, 2009).

⁹ Las amortizaciones son en ocasiones utilizadas como una proxy del capital, como en Shih et al. (2004); sin embargo, esta variable no está exenta de problemas. Según Coelli et al. (2003) la inflación de precios hará que la cantidad de nuevo capital adquirido parezca más grande que las mismas cantidades de idéntico capital adquirido en años previos. Más problemático es que diferentes empresas podrían suponer distintas vidas útiles de los activos, usar distintos patrones de depreciación, o usar amortización acelerada para minimizar los pagos impositivos.

de aplicar los modelos DEA tradicionales sin realizar modificación alguna en su planteamiento. No obstante, este enfoque también puede presentar inconvenientes: el valor transformado puede carecer de significado. En nuestro caso, puede comprobarse que la minimización de $1/REH$ implica la minimización de las pérdidas, PER ¹⁰; mientras que la inclusión de PER como un input desvirtuaría el proceso productivo.

En la literatura que trata de medir el comportamiento de los servicios de agua urbanos, cuyo origen se remonta al trabajo pionero de Ford y Warford (1969), se reconoce en múltiples estudios la naturaleza multi-output de esta actividad¹¹. Una de las ventajas del enfoque DEA utilizado en este trabajo es precisamente su flexibilidad para considerar diversos output. El producto de un servicio como el del abastecimiento urbano de agua no queda adecuadamente recogido únicamente por una variable como la cantidad de agua facturada, AFA, aunque la actividad de este sector consista básicamente en transportar agua hasta el grifo del consumidor con suficientes garantías higiénico-sanitarias.

En los estudios que utilizan un enfoque DEA la calidad se ha introducido a veces en análisis de segunda etapa¹². Pero en otras ocasiones la variable de calidad aparece en el modelo DEA como un output¹³. A partir de los datos disponibles, seguimos la aproximación de García Sánchez (2006), utilizando como proxy de la calidad el número de análisis de control sanitario de las aguas de consumo humano. No obstante, a partir de la legislación vigente¹⁴, se distinguen tres tipos de análisis de aguas –mínimos, normales y completos– cada uno de los cuales analiza un número distinto de caracteres organolépticos, físico-químicos y microbiológicos. Así, parece poco razonable sumar un conjunto de análisis de aguas heterogéneos. Para obtener un resultado agregado sumamos, en lugar del número de análisis de aguas realizados, el número de parámetros analizados por éstos durante un año, con lo que se concede más importancia a los análisis completos que a los normales, y a éstos que a los mínimos.

Además, las economías de densidad de clientes o las características topográficas del área de cobertura condicionan severamente los costes de explotación. Una mayor

¹⁰ Siguiendo a Alegre et al. (2000) el agua bruta utilizada es la suma del consumo autorizado y de las pérdidas de agua, aparentes (consumos no autorizados y errores de medida) y reales. El consumo autorizado puede ser facturado o no facturado. A partir de nuestra base de datos no podemos identificar el consumo de agua autorizado no facturado, por lo que consideramos pérdidas, PER , el volumen de agua no vendida. Es obvio que $PER = 1 - REH$.

¹¹ A este respecto puede consultarse González-Gómez y García-Rubio (2008, pp. 43-47).

¹² Utilizando para ello variables como el número de cortes de suministro en Anwandter y Ozuna (2002) y las pérdidas de agua en Tupper y Resende (2004) y Picazo et al., (2009).

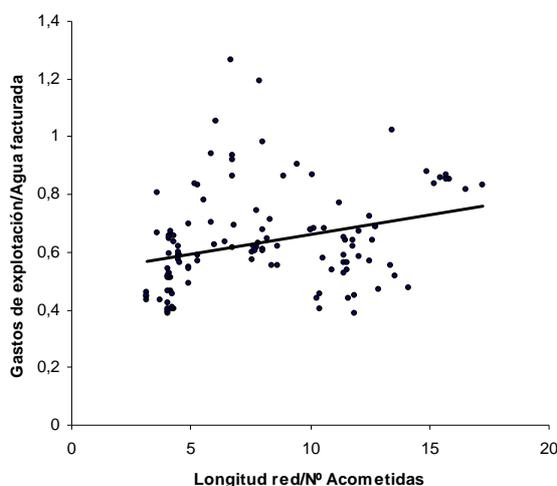
¹³ Woodbury y Dollery (2004) utilizan dos índices de calidad, el primero refleja el grado de cumplimiento de los requerimientos físicos, químicos y microbiológicos por parte del agua suministrada y, el segundo, las reclamaciones por la calidad del agua y el número de interrupciones del suministro. En otros casos, la calidad se aproxima por el número de análisis de control de la calidad del agua realizados (García Sánchez, 2006), la continuidad del servicio o número de horas de suministro al día (Kirkpatrick et al., 2006; Berg y Lin, 2008), la cobertura del servicio o porcentaje de la población abastecida (Berg y Lin, 2008) o el volumen de agua no contabilizado (Picazo et al., 2009).

¹⁴ Nos referimos al Real Decreto 1138/1990, de 14 de septiembre, por el que se aprueba la reglamentación técnico-sanitaria para el abastecimiento y control de calidad de las aguas potables de consumo público, vigente durante nuestro período de estudio.

dispersión poblacional o la presencia de fuertes desniveles en el área de cobertura¹⁵ incrementarán los costes de explotación sin que ello pueda atribuirse a una gestión ineficiente del servicio. Es frecuente que estas variables, denominadas de entorno, sean tenidas en cuenta en un análisis de segunda etapa. Pero si en nuestro enfoque DEA orientado al input no consideramos estas variables estaríamos penalizando a las DMUs que presentaran mayor dispersión poblacional o un relieve más abrupto, con lo que sus índices de eficiencia presentarían un sesgo negativo.

Thanassoulis (2000a, b) reconoce la importancia de tomar en consideración el grado de dispersión de la población abastecida y, para ello, utiliza como output la variable longitud de la red. De hecho, la mayoría de los investigadores confirman la existencia de economías de densidad de usuarios en el abastecimiento urbano de agua¹⁶. Nuestra muestra contiene empresas que abastecen a un solo núcleo poblacional de grandes dimensiones frente a otras que lo hacen a diversos municipios de pequeño tamaño consorciados. Es pues previsible que la dispersión de la población dentro del área de cobertura sea muy variable en la muestra y que las empresas que abastecen a un solo núcleo tengan importantes economías de densidad de usuarios. La Figura 2 muestra la relación entre los costes de explotación por unidad de agua facturada ($\text{€}/\text{m}^3$) y el cociente entre la longitud de la red y el número de acometidas, DIS. A pesar de la dispersión de los datos la línea de tendencia muestra una relación positiva entre ambas variables.

Figura 2. Economías de densidad de usuarios



Cuando en un análisis DEA dos variables están altamente correlacionadas podemos prescindir de una de ellas. Las variables GEX y $1/\text{REH}$ tienen un coeficiente de correlación pequeño, $-0,2029$, cuyo signo muestra un trade-off entre pérdidas y costes de explotación. Entre las variables output (ver Tabla 3) la correlación más alta aparece entre AFA y POT; mantenemos ambas variables pues carecemos de otra medida de las

¹⁵ Las características topográficas del área de cobertura son aproximadas en este estudio por la variable POT.

¹⁶ Mann y Mikesell (1976), Teeple y Glycer, (1987a, b), Fabbri y Fraquelli (2000) Antonioli y Filippini (2001), Estache y Rossi (2002) y Tupper y Resende (2004).

características topográficas del área de cobertura y la exclusión de AFA impediría representar adecuadamente el tamaño del servicio de aguas.

Tabla 3. *Coefficientes de correlación de las variables output*

	AFA	ICA	DIS
AFA	1		
ICA	0,6973	1	
DIS	0,3510	0,2655	1
POT	0,8735	0,6362	0,3023

5. RESULTADOS

En este apartado presentamos los principales resultados obtenidos al aplicar la metodología descrita en el tercer apartado. El principal objetivo es determinar si la participación privada en la gestión del servicio urbano de aguas tiene un efecto positivo sobre los niveles de eficiencia. Se aporta evidencia añadida al debate sobre la oportunidad de dar entrada al sector privado en una industria que reúne las características de monopolio natural en el ámbito local.

Tabla 4. *Estadísticos descriptivos de los resultados de eficiencia individuales (por tipo de propiedad en la gestión)*

	DMUs públicas	DMUs privadas	Todas
Media	0,9837	0,9564	0,9712
Error típico	0,0041	0,0111	0,0058
Mediana	0,9934	0,9771	0,9894
Desviación estándar	0,0220	0,0543	0,0421
Varianza de la muestra	0,0005	0,0029	0,0018
Rango	0,0844	0,1887	0,1887
Mínimo	0,9156	0,8113	0,8113
Máximo	1	1	1
Nº observaciones	28	24	52

En primer lugar, en la Tabla 4 se muestran los estadísticos descriptivos obtenidos al aplicar la expresión (3) para las DMUs de toda la muestra. La información se ofrece de manera global para el conjunto de las observaciones, así como desagregada para poder distinguir entre gestión pública y gestión privada. Las medidas de eficiencia estimadas son netas del efecto de la calidad, las economías de densidad de clientes y del entorno topográfico del área de cobertura. Tenidos en cuenta estos factores, la diferencia entre la unidad y la medida de eficiencia expresa el potencial ahorro en inputs de la empresa

para alcanzar los mismos niveles de outputs. Cuanto más se aproxime el valor del estadístico a 1 indica mayores niveles de eficiencia. Habría que advertir que el máximo nivel de eficiencia viene representado por las mejores conductas de las unidades de la muestra, que son las que delimitan la frontera eficiente.

La eficiencia de las unidades de gestión es en conjunto del 97%. Todas operan en niveles muy similares y próximos a la frontera eficiente. Este resultado no es extraño, ya que existe una elevada homogeneidad entre las unidades de la muestra una vez se descuenta el efecto de la calidad, las economías de densidad de clientes y las características topográficas del área de cobertura. Se trata de las unidades de gestión del servicio urbano de aguas que abastecen a los principales núcleos y aglomeraciones urbanas de la región.

Observando los valores medios del índice de eficiencia individual estimado puede comprobarse que las DMUs públicas aparecen más eficientes que las privadas. De hecho, de un total de 13 empresas que componen nuestra muestra las tres primeras empresas del ranking son públicas y las tres últimas son privadas. No obstante, la dispersión de las estimaciones de eficiencia de las DMUs privadas es mayor que la de las públicas; el resultado sugiere que las empresas privadas podrían operar en entornos operativos más diversos. Esto obliga a considerar los resultados anteriores con cierta cautela; no son concluyentes para determinar que las empresas públicas sean más eficientes que las privadas.

Dado que los índices de eficiencia estimados no siguen una distribución normal utilizamos el test no paramétrico de Mann-Whitney para contrastar la hipótesis nula de que ambas formas de propiedad en la gestión presenten la misma eficiencia. Los resultados se ofrecen en la Tabla 5, donde el valor del estadístico Z no permite rechazar la hipótesis nula con un nivel de significación del 5%. Es decir, no es posible concluir acerca de la superioridad de una forma de gestión sobre la otra.

Tabla 5. Test de Mann-Whitney sobre las estimaciones de eficiencia individual
(por tipo de propiedad en la gestión)

Subgrupos	n ₁	n ₂	n	R	U	Z	Media de rangos	
							Primer grupo	Segundo grupo
Público vs. Privado	28	24	52	655,5	422,5	1,5878	23,41	30,10

Aplicando el modelo DEA (3) por separado a cada uno de los programas –público y privado–, según el paso 1 del método Brockett-Golany, obtenemos las diferencias intraprograma. Ello nos permite calcular la eficiencia de cada DMU respecto a su propia

frontera, pues suponemos que éstas son distintas para cada programa (más adelante contrastaremos si esta hipótesis es cierta). Observamos en la Tabla 6 que el índice de eficiencia medio estimado para las empresas públicas es ligeramente mayor que el correspondiente a las empresas privadas. Es decir, se obtiene que las empresas públicas son más eficientes respecto a su propia frontera que las empresas privadas. No obstante, también en este caso, la dispersión de las estimaciones de eficiencia de las DMUs privadas es mayor que la de las públicas.

Tabla 6. *Estimaciones de eficiencia de las DMUs públicas y privadas respecto a su propia frontera*

	DMUs públicas	DMUs privadas
Media	0,9851	0,9780
Error típico	0,0041	0,0085
Desviación estándar	0,0219	0,0419
Rango	0,0833	0,1780
Mínimo	0,9167	0,8220
Máximo	1	1
Nº de observaciones	28	24

Para contrastar si las fronteras de ambos programas son iguales, en cada uno de los subgrupos proyectamos las DMUs ineficientes sobre su respectiva frontera, con lo que eliminamos las diferencias intraprograma; de este modo las potenciales diferencias interprograma se obtienen resolviendo de nuevo el modelo (3), en el que se incluyen todas las DMUs con sus datos modificados. Siguiendo a Brockett y Golany (1996) aplicamos el test de rangos de Mann-Whitney a las estimaciones de eficiencia interprograma obtenidas en el paso anterior. Los resultados se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7. *Test de Mann-Whitney sobre las estimaciones de eficiencia interprograma (por tipo de propiedad en la gestión)*

Subgrupos	n ₁	n ₂	n	R	U	Z	Media de rangos	
							Primer grupo	Segundo grupo
Público vs. Privado	28	24	52	606	472	2,4964	21,64	32,17

A la vista de los resultados mostrados en la Tabla 7 es posible rechazar al nivel de significación del 5% la hipótesis nula de que los dos grupos de propiedad en la gestión tienen la misma distribución en sus estimaciones de eficiencia. Por lo tanto, podemos asegurar que ambos programas –público y privado– no presentan la misma frontera de eficiencia. Saal y Parker (2006) obtienen un resultado similar para las WaSCs y WoCs británicas¹⁷. El signo positivo de Z revela que los servicios de aguas gestionados por empresas públicas operan más eficientemente que los gestionados por empresas privadas.

De este modo, analizada la ineficiencia individual, la que corresponde a una mala gestión por parte de la empresa, no encontramos diferencias entre ambos tipos de propiedad; mientras que analizando la ineficiencia por programas, la relacionada con el tipo de propiedad –pública o privada– en la gestión, encontramos mejores resultados para las empresas públicas. Esto es, pueden existir otros factores, aparte de los especificados en el modelo, que provocan ineficiencia individual y que quedan aislados una vez trabajamos con datos corregidos cuando estimamos la eficiencia interprograma.

Al analizar la base de datos nos preguntamos si la localización en las distintas cuencas hidrográficas podría ser un factor determinante en los resultados. Es posible que factores geográficos no captados por el modelo sean determinantes en la conducta de las unidades de gestión. Por tanto, ahora examinamos si la localización de los servicios de aguas en las distintas cuencas hidrográficas andaluzas tiene alguna influencia sobre sus resultados de eficiencia. Para este análisis distinguimos dos subgrupos: los servicios de aguas situados en las cuencas Mediterránea y Atlántica Andaluzas frente a los situados en la cuenca del Guadalquivir. Para ello seguimos el procedimiento completo utilizado anteriormente para analizar la superioridad de una forma de propiedad en la gestión sobre otra, contrastando también en este caso las estimaciones de eficiencia interprograma

Tabla 8. Test de Mann-Whitney sobre las estimaciones de eficiencia interprograma. (por localización de las DMUs en cuencas hidrográficas)

Subgrupos	n ₁	n ₂	n	R	U	Z	Media de rangos	
							Primer grupo	Segundo grupo
Mediterránea-Atlántica vs. Guadalquivir	24	28	52	839	133	-3,7262	34,96	19,25

El valor del estadístico Mann-Whitney de la Tabla 8 permite rechazar la hipótesis nula de que las DMUs situadas en ambos subgrupos tienen la misma distribución en sus

¹⁷ Las WaSCs son las compañías que prestan los servicios de abastecimiento y saneamiento en Inglaterra y Gales, mientras que las WoCs son las compañías que solo prestan los servicios de abastecimiento.

resultados de eficiencia al nivel de significación del 1%. Por lo tanto, podemos asegurar que ambos programas –localización en cuenca Mediterránea-Atlántica o del Guadalquivir– no presentan la misma frontera de eficiencia. El signo negativo de Z revela que las DMUs ubicadas en las cuencas mediterránea y atlántica andaluzas operan menos eficientemente que las situadas en la cuenca del Guadalquivir.

En realidad, los resultados confirman también lo esperado. ¿Por qué las DMUs situadas en la cuenca del Guadalquivir operarían más eficientemente que las situadas en las cuencas mediterránea y atlántica andaluzas?, ¿qué condicionantes del entorno están detrás de este resultado? El origen del recurso hídrico puede ayudarnos a responder a estas cuestiones. Los servicios de aguas situados en las cuencas mediterránea y atlántica andaluzas de nuestra muestra son predominantemente costeros. Las condiciones climáticas de esta zona son más extremas que las de la cuenca del Guadalquivir; los cauces naturales sufren un período aún más acusado de estiaje y la disponibilidad de recursos hídricos superficiales es más limitada. Por tanto, las DMUs situadas en estas cuencas hacen un mayor uso de los recursos subterráneos, si bien, en proporción bastante variable (durante el período de estudio hasta un 51% Costa Tropical de Granada y un 28% Málaga). En general, el uso de aguas subterráneas para un servicio de abastecimiento urbano de aguas implica mayores costes energéticos, de materiales y de mantenimiento-conservación, si bien, también supone un menor coste de potabilización dada la mayor calidad del agua bruta. Puesto que las primeras partidas son de mayor cuantía (ver Figura 1), un mayor uso de agua procedente de sondeos implica mayores gastos de explotación, lo que permitiría explicar la diferencia en los resultados de eficiencia entre ambos tipos de cuencas hidrográficas.

La pregunta que podríamos hacernos es si el factor de localización podría explicar el primer resultado obtenido, es decir, la superioridad de la gestión pública frente a la privada. Podría ocurrir así en la medida en que las DMUs ubicadas en las cuencas mediterránea y atlántica andaluzas fueran mayoritariamente de gestión privada, y que en la cuenca del Guadalquivir la gestión recaiga en de manera mayoritaria en manos públicas. La Tabla 1 muestra la distribución de las DMUs según su gestión sea pública o privada, y según la cuenca hidrográfica en que esté ubicada.

Observando la Tabla 1, los servicios de aguas ubicados en las cuencas mediterránea y atlántica andaluzas presentan una gestión predominantemente pública. Por su parte, en los servicios ubicados en la cuenca del Guadalquivir existe una ligera superioridad numérica para la gestión privada.

A partir de los valores mostrados en la tabla de contingencia mostrada en la Tabla 1 podemos contrastar mediante una prueba de independencia no paramétrica¹⁸ la hipótesis

¹⁸ Concretamente calculamos el valor del estadístico
$$L = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \frac{\left(n_{ij} - n_i \cdot \frac{n_j}{n} \right)^2}{n_i \cdot \frac{n_j}{n}}$$
 que sigue una

distribución χ^2 con, en nuestro caso, 1 grado de libertad, siendo i la i -ésima modalidad del tipo de propiedad y j la j -ésima modalidad de la localización. Donde n_{ij} es el número de DMUs que presentan

nula de si ambas características –la propiedad en la gestión y la localización– se presentan de forma independiente. El valor del estadístico $L=2,9478$ nos permite aceptar la hipótesis nula al nivel de significación del 5%. En conclusión, la mayor eficiencia de las DMUs ubicadas en la cuenca del Guadalquivir no invalida el resultado de mayor eficiencia para las DMUs de gestión pública.

6. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Desde finales de los 80 muchos municipios andaluces han optado por la privatización de la gestión del servicio de aguas. Una de las razones expuestas por la literatura para explicar la decisión es que el gestor privado es más eficiente que el público. En la investigación, transcurridos 25 años desde que la Ley 7/1985 permitiera la entrada de la propiedad privada en la industria, se ha querido comprobar a partir de una muestra de unidades de gestión en Andalucía si realmente la gestión privada es más eficiente que la gestión pública.

Para el análisis realizamos una estimación de la eficiencia por programas, siguiendo el método Brockett-Golany, utilizando para ello un modelo BCC en dos etapas que nos permite identificar todas las holguras. El enfoque de estimación de la eficiencia por programas no se ha utilizado comúnmente en este ámbito para analizar las diferencias de eficiencia entre distintas formas de gestión. Además, proponemos una especificación del modelo que contempla como outputs diversas variables de entorno como alternativa a los análisis de segunda etapa; por tanto, obtenemos estimaciones de eficiencia netas del efecto de la calidad, de las economías de densidad de usuarios y de las características topográficas del área de cobertura.

Contrariamente a las tesis que mantienen que la gestión privada es más eficiente que la pública, los resultados muestran que la empresa pública es más eficiente que la privada. Se obtiene que la frontera eficiente es superior en la empresa pública que en la privada, y que las unidades de gestión pública operan en niveles más cercanos a su frontera eficiente que las privadas.

Es posible concluir que la participación privada no asegura mejores niveles de eficiencia que la gestión pública. En cualquier caso, no quiere esto decir que el cambio normativo que permitió la entrada del sector privado a la industria fuera neutral. Es posible que la introducción de nuevas formas jurídicas haya tenido un efecto positivo en la gestión del servicio municipal de aguas, pero de haberse producido éste no encuentra explicación en la mera propiedad del gestor. Una explicación a los resultados obtenidos tal vez se encuentre en la laxitud de la normativa y los organismos de control de la actividad de las unidades de gestión del servicio urbano de aguas. Aunque en España el marco normativo ha dado entrada a la empresa privada, no hay ningún organismo de control como OFWAT en Reino Unido.

simultáneamente las modalidades i -ésima y j -ésima; $n_i = \sum_{j=1}^2 n_{ij}$ y $n_j = \sum_{i=1}^2 n_{ij}$ son las frecuencias

absolutas marginales; y $n = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 n_{ij}$ es el tamaño muestral total.

Finalmente, es posible plantear un último interrogante: si los resultados muestran que las empresas privadas no son más eficientes que las públicas en el territorio andaluz ¿hay otras razones que estén impulsando el proceso privatizador experimentado por el sector en Andalucía?

REFERENCIAS

- ABDALA, M. (1996), *Welfare Effects of Buenos Aires' Water and Sewerage Services Privatization*, World Bank, Washington DC, December 1996.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE ABASTECIMIENTOS DE AGUA Y SANEAMIENTO (2006), *Suministro de Agua Potable y Saneamiento en España*, AEAS-AGA, Madrid.
- AFRIAT, S.N. (1972), Efficiency Estimation of Production Functions, *International Economic Review*, 13(3), 568-598.
- AIDA, K.; COOPER, W.W.; PASTOR, J.T. y SUEYOSHI, T. (1997), Evaluating Water Supply Services in Japan with RAM: a Range-adjusted Measure of Inefficiency, *Omega, International Journal Management Science*, 26(2), 207-232.
- ALCAZAR, L.; ABDALA, M. y SHIRLEY, M.M. (2000), *The Buenos Aires Water Concession*, Policy Research Working Paper Series 2311, World Bank.
- ALCHIAN, A. y DEMSETZ, H. (1972), Production, Information Cost and Economic Organization, *American Economic Review*, 62(2), 777-795.
- ALEGRE, H.; HIRNER, W.; BAPTISTA, J.M. y PARENA, R. (2000), *Performance Indicators for Water Supply Services*, Manuals of Best Practice Series, IWA Publishing, London, UK, 2000.
- ALI, A.I. y SEIFORD, L.M. (1993), *The Mathematical Programming Approach to Efficiency Analysis*, en FRIED, H.O.; LOVELL, C.A.K. y SCHMIDT, S.S. (editors), *The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications*, Oxford University Press, Oxford, 1993.
- ANTONIOLI, D., y FILIPPINI, M. (2001), The Use of Variable Cost Function in the Regulation of the Italian Water Industry, *Utilities Policy*, 10(3-4), 181-187.
- ANWANDTER, L. y OZUNA, T.JR. (2002), Can Public Sector Reforms Improve the Efficiency of Public Water Utilities?, *Environment and Development Economics*, 7(4), 687-700.
- AREVALO, A. y SCHIPPENER, B. (2002), *Los servicios de agua y saneamiento en pequeñas ciudades. Los operadores privados en Colombia*, Programa de Agua y Saneamiento-América Latina y el Caribe, Banco Mundial, Noviembre 2002.
- ARTANA, L.; NAVAJAS, F. y URBIZTONDO, S. (1998), *Regulation and Contractual Adaptation in Public Utilities: the Case of Argentina*, Inter-American Development Bank, Technical Study IFM-115, July 1998.
- ASHTON, J.K. (2000a), Total Factor Productivity Growth and Technical Change in the Water and Sewerage Industry, *The Service Industries Journal*, 20(4), 121-130.
- ASHTON, J.K. (2000b), Cost Efficiency in the UK Water and Sewerage Industry, *Applied Economics Letters*, 7, 455-458.
- BANKER, R.D.; CHARNES, A. y COOPER, W.W. (1984), Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis, *Management Science*, 30(9), 1078-1092.
- BEATO, P. y DÍAZ, J. (2003), *La participación del sector privado en los servicios de agua y saneamiento en Cartagena de Indias*, Banco Interamericano de Desarrollo, Departamento de Desarrollo Sostenible, Washington DC, 2003.

- BEL, G. y WARNER, M.E. (2008), Does privatization of solid waste and water services reduce costs? A review of empirical studies. *Resources, Conservation & Recycling*, forthcoming.
- BERG, S. y LIN, CH. (2008), Consistency in Performance Rankings: the Peru Water Sector, *Applied Economics*, 40(6), 793-805.
- BHATTACHARYYA, A.; HARRIS, T.R.; NARAYANAN, R. y RAFFIEE, K. (1995a), Specification and estimation of the Effect of Ownership on the Economic Efficiency of the Water Utilities, *Regional Science and Urban Economics*, 25, 759-784.
- BHATTACHARYYA, A.; HARRIS, T.R.; NARAYANAN, R. y RAFFIEE, K. (1995b), Technical Efficiency of Rural Water Utilities, *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 20(2), 373-391.
- BHATTACHARYYA, A.; PARKER, P. y RAFFIEE, K. (1994), An Examination of the Effect of Ownership on the Relative Efficiency of Public and Private Water Utilities, *Land Economics*, 70(2), 197-209.
- BOTTASSO, A. y CONTI, M. (2003), *Cost Inefficiency in the English and Welsh Water Industry: An Heteroskedastic Stochastic Cost Frontier Approach*, Mimeo, DIEM Università di Genova, Italy.
- BROCKETT, P. y GOLANY, B. (1996), Using Rank Statistics for Determining Programmatic Efficiency Differences in Data Envelopment Analysis, *Management Science*, 42(3), 466-472.
- BROOK, P.J. y LOCUSSOL, A. (2001), *Easing Tariff Increases. Financing the Transition to Cost-recovering Water Tariffs in Guinea*, en BROOK, P. y SMITH, S.M., eds., *Contracting for Public Devices: Output-Based Aid and Its Applications*, World Bank, Washington DC.
- BRUGGINK, T.H. (1982), Public versus Regulated Private Enterprise in the Municipal Water Industry: A Comparison of Operating Costs, *Quarterly Review of Economics and Business*, 22, 111-125.
- BYRNES, P.; GROSSKOPF, S. y HAYES, K. (1986), Efficiency and Ownership: Further Evidence, *Review of Economics and Statistics*, 68, 337-341.
- CHARNES, A.; COOPER, W.W. y RHODES, E. (1981), Evaluating Program and Managerial Efficiency: An Application of Data Envelopment Analysis to Program Follow Through, *Management Science*, 27(6), 668-697.
- CLARKE, G.R.G.; KOSEC, K. y WALLSTEN, S. (2008), Has Private Participation in Water and Sewerage Improved Coverage? Empirical Evidence from Latin American, *Journal of International Development*, published online, July 9, 2008.
- CLARKE, G.R.G.; MÉNARD, C. y ZULUAGA, A.M. (2002), Measuring the Welfare Effects of Reform: Urban Water Supply in Guinea, *World Development*, 30(9), 1517-1537.
- COELLI, T.; ESTACHE, A.; PERELMAN, S. y TRUJILLO, L. (2003), *A Primer on Efficiency Measurement for Utilities and Transport Regulators*, The World Bank, Washington, 2003.
- COELLI, T.; PRASADA-RAO, D.S. y BATTESE, G.E. (1998), *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, Kluwer Academic Publishers, Boston, 1998.
- COELLI, T. y WALDING, S. (2006), *Performance Measurement in the Australian Water Supply Industry: A Preliminary Analysis*, en COELLI, T. y LAWRENCE, D.A. (Eds.) (2006), *Performance Measurement and Regulation Network Utilities*, Edward Elgar, Cheltenham, UK, 2006.
- COLLIGNON, B. (2002), *Urban Water Supply Innovations in Côte d'Ivoire: How Cross-Subsidies Help the Poor*, Water and Sanitation Program-Africa Region, World Bank, August 2002.

- CORTON, M.L. (2003), Benchmarking in the Latin American Water Sector: The Case of Peru, *Utilities Policy*, 11(3), 133-142.
- CRAIN, W.M. y ZARDKOOHI, A. (1978), A Test of the Property-Rights Theory of the Firm: Water Utilities in the United States, *Journal of Law and Economics*, 21, 395-408.
- CRAMPES, C. y ESTACHE, A. (1996), *Regulating Water Concessions: Lessons from the Buenos Aires Concession*, Note Series 91, World Bank Group, September 1996.
- CUBBIN, J. y TZANIDAKIS, G. (1998), Regression versus Data Envelopment Analysis for Efficiency Measurement: An Application to the England and Wales Regulated Water Industry, *Utilities Policy*, 7(2), 75-85.
- DÍAZ, J. (2003), *La participación del sector privado en los servicios de agua y saneamiento en San Pedro de Sula, Honduras*, Banco Interamericano de Desarrollo, Departamento de Desarrollo Sostenible, Washington DC, 2003.
- DUMOL, M. (2000), *The Manila Water Concession. A Key Government Official's Diary of the World's Largest Water Privatization*, Direction in Development, World Bank, Washington DC, July 2000.
- ELNABOULSI, J.C. (2001), Organization, Management and Delegation in the French Water Industry, *Annals of Public and Cooperative Economics*, 72(4), 507-547.
- ESTACHE, A. y KOUASSI, E. (2002), *Sector Organization, Governance, and the Inefficiency of African Water Utilities*, Policy Research Working Paper 2890, World Bank, Washington DC, September 2002.
- ESTACHE, A. y ROSSI, M.A. (2002), How Different is the Efficiency of Public and Private Water Companies in Asia? *The World Bank Economic Review*, 16(1), 139-148.
- ESTACHE, A. y TRUJILLO, L. (2003), Efficiency Effects of "Privatization" in Argentina's Water and Sanitation Services, *Water Policy*, 5(4), 369-380.
- FABBRI, P. y FRAQUELLI, G. (2000), Costs and Structure of Technology in the Italian Water Industry, *Empirica*, 27(1), 65-82.
- FARIA, R.C.; SOUZA, G. y MOREIRA, T.B. (2005), Public versus Private Water Utilities: Empirical Evidence for Brazilian Companies, *Economics Bulletin*, 8(2), 1-7.
- FEIGENBAUM, S. y TEEPLES, R. (1983), Public versus Private Water Delivery: A Hedonic Cost Approach, *Review of Economics and Statistics*, 65, 672-678.
- FERNÁNDEZ PÉREZ, D.V. (1995), *Gestión del agua urbana*, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos-AEAS, Madrid, 1995.
- FORD, J.L. y WARFORD, J.J. (1969), Costs Functions for the Water Industry, *Journal of Industrial Economics*, 18, 53-63.
- FOX, W.F. y HOFER, R.A. (1986), Using Homothetic Composed Error Frontiers to Measure Water Utility Efficiency, *Southern Economic Journal*, 53(2), 461-477.
- GARCÍA-SÁNCHEZ, M.I. (2006), Efficiency Measurement in Spanish Local Government: The Case of Municipal Water Services, *Review of Policy Research*, 23(2), 355-371.
- GARCÍA VALIÑAS, M.A. y MUÑIZ, M.A. (2007), Is DEA Useful in the Regulation of Water Utilities? A Dynamic Efficiency Evaluation (A Dynamic Efficiency Evaluation of Water Utilities), *Applied Economics*, 39(2), 245-252.
- GOLANY, B. y ROLL, Y. (1989), An Application Procedure for DEA, *OMEGA-International Journal of Management Science*, 17(3), 237-250.
- GONZÁLEZ-GÓMEZ, F. y GARCÍA-RUBIO, M.A. (2008), Efficiency in the Management of Urban Water Services. What Have we Learned After Four Decades of Research?, *Hacienda Pública Española. Revista de Economía Pública*, 185, 39-67.

- HALL, D. y LOBINA, E. (2002), *Water Privatization in Latin America, 2002*, Public Services International Research Unit, Greenwich, UK.
- HAYES, K. (1987), Cost Structure of the Water Utility Industry, *Applied Economics*, 19(3), 417-425.
- HOFF, A. (2007), Second Stage DEA: Comparison of Approaches for Modelling the DEA Score, *European Journal of Operational Research*, 181, 425-435.
- KAY, J.A. y THOMSON, D.J. (1986), Privatisation: a Policy in Search of a Rationale, *Economic Journal*, 96, pp. 18-32.
- KERF, M. (2000), *Do State Holding Companies Facilitate Private Participation in the Water Sector? Evidence from Côte d'Ivoire, the Gambia, Guinea and Senegal*, Policy Research Working Paper 2513, World Bank, December 2000.
- KIRKPATRICK, C.; PARKER, D.Y ZHANG, Y.F. (2006), An Empirical Analysis of State and Private Sector Provision of Water Services in Africa, *The World Bank Economic Review*, 20(1), 143-163.
- KLEIN, M. (1996), *Economic regulation of water companies*, Policy Research Working Paper 1649, Private Sector Development Department, World Bank.
- KOMIVES, K. (1999), *Designing Pro-Poor Water and Sewer Concessions. Early Lessons from Bolivia*, Policy Research Working Paper 2243, World Bank, Washington DC, November 1999.
- LAMBERT, D.K.; DICHEV, D. y RAFFIEE, K. (1993), Ownership and Sources of Inefficiency in the Provision of Water Services, *Water Resources Research*, 29 (6), 1573-1578.
- LEIBENSTEIN, H. (1966), Allocative Efficiency and X-Efficiency, *The American Economic Review*, 56, 392-415.
- LOVELL, C.A.K.; PASTOR, J.T. y TURNER, J.A. (1995), Measuring Macroeconomic Performance in OCDE: A Comparison of European and Non-European Countries, *European Journal of Operational Research*, 87(3), 507-518.
- LYNK, E.L. (1993), Privatisation, Joint Production and the Comparative Efficiencies of Private and Public Ownership: The UK Water Industry Case, *Fiscal Studies*, 14(2), 98-116.
- MANN, P.C. y MIKESSELL, J.L. (1976), Ownership and Water System Operation, *Water Resources Bulletin*, 12(5), 995-1004.
- MÉNARD, C. y CLARKE, G. (2000), *Reforming the Water Supply in Abidjan, Côte d'Ivoire. Mild Reform in a Turbulent Environment*, Policy Research Working Paper 2377, World Bank, June 2000.
- MÉNARD, C. y SAUSSIÉ, S. (2000), Contractual Choice and Performance. The Case of Water Supply in France, *Revue d'Économie Industrielle*, 92(2-3), 385-404.
- MORGAN, W.D. (1977), Investor Owned vs. Publicly Owned Water Agencies: An Evaluation of the Property Rights Theory of the Firm, *Water Resources Bulletin*, 13(4), 775-781.
- MOSHEIM, R. (2006), *A Shadow Cost Function Model of the US Water Industry Incorporating Water Quality and Ownership Effects*, in COELLI, T. y D. LAWRENCE (Eds.), *Performance Measurement and Regulation Network Utilities*, Edward Elgar.
- NANKANI, H. (1997), *Testing the Waters-A Phased Approach to a Water Concession in Trinidad and Tobago*, Private Sector Development Department, Note 103, World Bank, Washington DC, January 1997.
- NICKSON, A. (2001a), *The Cordoba Water Concession in Argentina*, Building Municipal Capacity for Private Sector Participation Series, Working Paper 44205, GHK International, London, UK.

- NICKSON, A. (2001b), *Establishing and Implementing a Joint Venture--Water and Sanitation Services in Cartagena, Colombia*, Building Municipal Capacity for Private Sector Participation Series, Working Paper 44203, GHK International, London, UK.
- NICKSON, A. y VARGAS, C. (2002), The Limitation of Water Regulation: The Failure of the Cochabamba Concession in Bolivia, *Bulletin of Latin American Research*, 21(1), 99-120.
- NISKANEN, W.A. (1971), *Bureaucracy and representative government*. Chicago, IL: Aldine.
- ORDÓÑEZ, C. y BRU, L. (2003), Análisis de la privatización y regulación del servicio de abastecimiento de agua en Málaga, *Cuadernos de Ciencias Económicas y Empresariales*, 44/45, 81-98.
- PICAZO-TADEO, A.J.; SÁEZ-FERNÁNDEZ, J. y GONZÁLEZ-GÓMEZ, F. (2007), The Role of Environmental Factors in Water Utilities' Technical Efficiency. Empirical Evidence from Spanish Companies, *Applied Economics*, en prensa.
- PICAZO-TADEO, A.J.; SÁEZ-FERNÁNDEZ, J. y GONZÁLEZ-GÓMEZ, F. (2008), Does Service Quality Matter in Measuring the Performance of Water Utilities? *Utilities Policy*, 16(1), 30-38.
- PICAZO-TADEO, A.J.; GONZÁLEZ-GÓMEZ, F. y SÁEZ-FERNÁNDEZ, J. (2009), Accounting for operating environments in measuring water utilities' managerial efficiency, *The Service Industries Journal*, en prensa.
- RAFFIEE, K.; NARAYANAN, R.; HARRIS, T.R.; LAMBERT, D. y COLLINS, J.M. (1993), Cost Analysis of Water Utilities: A Goodness-of-Fit Approach, *Atlantic Economic Journal*, 21(3), 18-29.
- RENZETTI, S. y DUPONT, D. (2003), Ownership and Performance of Water Utilities, *The Journal of Corporate Environmental Strategy and Practice*, 42, 9-19.
- RIVERA, D. (1996), *Private Sector Participation in the Water Supply and Wastewater Sector--Lessons from Six Developing Countries*, World Bank, Washington DC, September 1996.
- SAAL, D.S. y PARKER, D. (2000), The Impact of Privatization and Regulation on the Water and Sewerage Industry in England and Wales: A Translog Cost Function Model, *Managerial and Decision Economics*, 21(6), 253-268.
- SAAL, D.S. y PARKER, D. (2001), Productivity and Price Performance in the Privatized Water and Sewerage Companies of England and Wales, *Journal of Regulatory Economics*, 20(1), 61-90.
- SAAL, D.S. y PARKER, D. (2006), *Assessing the Performance of Water Operations in the English and Welsh Water Industry: A Lesson in the Implications of Inappropriately Assuming a Common Frontier*. En COELLI, T. y LAWRENCE, D. (Eds), *Performance Measurement and Regulation Network Utilities*, Edward Elgar, Cheltenham, UK, 1996.
- SAAL, D.S.; PARKER, D. y WEYMAN-JONES, T.G. (2007), Determining the Contribution of Technical Change, Efficiency Change and Scale Change to Productivity Growth in the Privatized English and Welsh Water and Sewerage Industry: 1985–2000, *Journal of Productivity Analysis*, 28, 127-139.
- SABBIONI, G. (2008), Efficiency in the Brazilian sanitation sector, *Utilities Policy*, 16(1), 11-20.
- SALATIEL, G. (2003), *La participación del sector privado en los servicios de agua y saneamiento en la provincial de Salta en Argentina*, Banco Interamericano de Desarrollo, Departamento de Desarrollo Sostenible, Washington DC, 2003.

- SEROA DA MOTTA, R. and MOREIRA, A. (2006), Efficiency and regulation in the sanitation sector in Brazil, *Utilities Policy*, 14, 185-195.
- SHAOUL, J. (1997), A Critical Financial Analysis of the Performance of Privatised Industries: The Case of the Water Industry in England and Wales, *Critical Perspectives on Accounting*, 8, 479-505.
- SHIH, J.S.; HARRINGTON, W.; PIZER, W.A. y GILLINGHAM, K. (2004), *Economies of scale and technical efficiency in community water systems*, Discussion Paper 04-15, Resources for the Future, Washington D.C.
- SHIRLEY, M.M.; XU, L. C. y ZULUAGA, A.M. (2000), *Reforming the Urban Water System in Santiago, Chile*, Policy Research Working Paper 2294, World Bank, Development Research Group, March 2000.
- TEEPLES, R.; FEIGENBAUM, S. y GLYER, D. (1986), Public versus Private Water Delivery: Cost Comparisons, *Public Finance Quarterly*, 14(3), 351-366.
- TEEPLES, R. y GLYER, D. (1987a), Cost of Water Delivery System: Specification and Ownership Effects, *Review of Economics and Statistics*, 69(3), 399-408.
- TEEPLES, R. y GLYER, D. (1987b), Production Functions for Water Delivery Systems: Analysis and Estimation Using Dual Cost Function and Implicit Price Specifications, *Water Resources Research*, 23(5), 765-773.
- THANASSOULIS, E. (2000a), The Use of Data Envelopment Analysis in the Regulation of UK Water Utilities: Water Distribution, *European Journal of Operational Research*, 126(2), 436-453.
- THANASSOULIS, E. (2000b), DEA and its Use in the Regulation of Water Companies, *European Journal of Operational Research*, 127(1), 1-13.
- TRÉMOLET, S. y NEALE, J. (2002), *Emerging Lessons in Private Provision of Infrastructure Services in Rural Areas: Water and Electricity Services in Gabon*, World Bank/PPIAF, London, 2002.
- TUPPER, H.C. y RESENDE, M. (2004), Efficiency and Regulatory Issues in the Brazilian Water and Sewage Sector: An Empirical Study, *Utilities Policy*, 12(1), 29-40.
- VICKERS, J. y YARROW, G. (1988), Regulation of Privatized Firms in Britain, *European Economic Review*, 32, pp. 465-472.
- WALLSTEN, S. y KOSEC, K. (2005), *Public or Private Drinking Water? The Effects of Ownership and Benchmark Competition on US Water System Regulatory Compliance and Household Water Expenditures*, AEI-Brookings Joint Center for Regulatory Studies, Working Paper 05-05, Washington DC, March 2005.
- WOODBURY, K. y DOLLERY, B. (2004), Efficiency Measurement in Australian Local Government: The Case of New South Wales Municipal Water Services, *Review of Policy Research*, 21 (5), 615-636.

ANEXO. Estudios que han analizado el efecto de la propiedad sobre el comportamiento de los servicios de agua urbanos

Superioridad de la gestión pública	Superioridad de la gestión privada	Sin diferencias significativas
Mann y Mikesell (1976) Bruggink (1982) Lambert et al. (1993) Lynk (1993) Nankani (1997) Hall y Lobina (2002) Nickson y Vargas (2002)	Morgan (1977) Crain y Zardkoohi (1978) Raffiee et al. (1993) Bhattacharyya et al. (1995b) Abdala (1996) Crampes y Estache (1996) Alcazar et al. (2000) Ménard y Clarke (2000) Shirley et al. (2000) Nickson (2001a, b) Arevalo y Schippener (2002) Collignon (2002) Estache y Kouassi (2002) Trémolet y Neale (2002) Beato y Díaz (2003) Díaz (2003) Estache y Trujillo (2003) Salatiel (2003) Picazo-Tadeo et al. (2007, 2009)	Feigenbaum y Teeple (1983) Byrnes et al. (1986) Fox y Hofler (1986) Teeple et al. (1986) Teeple y Glycer (1987a) Bhattacharyya et al. (1994, 1995a) Rivera (1996) Aida et al. (1997) Shaoul (1997) Artana et al. (1998) Komives (1999) Ashton (2000a, b) Dumol (2000) Kerf (2000) Ménard y Saussier (2000) Saal y Parker (2000, 2001) Brook y Locussol (2001) Clarke et al. (2002, 2008) Estache y Rossi (2002) Bottaso y Conti (2003) Ordóñez y Bru (2003) Shih et al. (2004) Faria et al. (2005) Wallsten y Kosec (2005) García Sánchez (2006) Kirkpatrick et al. (2006) Mosheim (2006) Seroa da Motta y Moreira (2006) Saal et al. (2007) Sabbioni (2008)

FUENTE: Elaboración propia.