



Munich Personal RePEc Archive

## **Returns to scale in water and sanitation: estimates for Latin America**

Ferro, Gustavo and Lentini, Emilio and Mercadier, Augusto  
and Romero, Carlos A.

Instituto de Economía UADE and CONICET, Centro de Estudios  
Transdisciplinarios del Agua, FCV-UBA and GDR « Res-Eau-Ville  
», ERAS and UNLP, Instituto de Economía UADE

January 2010

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/20324/>

MPRA Paper No. 20324, posted 30 Jan 2010 05:38 UTC

## **Retornos a escala en agua y saneamiento: estimaciones para América Latina** **Gustavo Ferro<sup>1</sup>, Emilio J. Lentini<sup>2</sup>, Augusto C. Mercadier<sup>3</sup> y Carlos A. Romero<sup>4</sup>**

JEL: D24, L51, L95.

### **Resumen**

En todo el mundo está en discusión cómo alcanzar un acceso más equitativo al agua y al saneamiento, a la vez que un servicio más eficiente. Una cuestión ligada a la eficiencia, son las economías de escala y el dimensionamiento óptimo de los proveedores de agua y saneamiento.

Los cambios en la estructura industrial del sector a través de fusiones de proveedores altamente atomizados, la división de prestadores muy concentrados o la discusión sobre propiedad (privada o pública) han sido temas fuertemente debatidos en diferentes países. Muchas veces, las decisiones se han politizado, dada la complejidad social del sector.

En este estudio, procuramos estimar la presencia de retornos a escala, explotando una base de datos de prestadores de América Latina. Las consecuencias de política pública son directas: si existen retornos crecientes a escala, entonces el sector puede tomar ventaja de ello. La aglomeración de pequeños proveedores puede eventualmente ahorrar recursos que son útiles para resolver los problemas de cobertura y acceso insuficiente de los pobres en la región.

### **Abstract**

In the whole world there are strong discussions on how to yield a more equitable access and a more efficient provision. One issue linked to efficiency is the achievement of scale economies in the industry, and the optimal dimension of water and sanitation providers.

Changes in the industrial structure of the sector, through mergers in highly atomized services, the splitting of very concentrated ones, or the property discussion (private versus public) had been hotly debated in different countries. Many times, the decisions had politicized because of the social complexity of the sector.

In this study, we aim to estimate the presence of returns to scale, exploiting a database of water and sanitation providers in Latin America. Public policy consequences are direct: if those returns to scale do exist, and the sector is not taking advantage of them, the agglomeration of small providers can eventually save resources which are useful to solve the coverage shortages and the insufficient access for the poor in the region.

The scale economies study adds a technical argument to the discussion, because the prescription could be, as it happens to suggest the study, of the convenience of agglomerating small providers to reduce unit costs.

This version: 29/01/2010

Word count: 7788.

---

<sup>1</sup> Instituto de Economía UADE y CONICET, [gferro@uade.edu.ar](mailto:gferro@uade.edu.ar).

<sup>2</sup> Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua, FCV-UBA y GDR « Res-Eau-Ville », [ejlentini@yahoo.com.ar](mailto:ejlentini@yahoo.com.ar)

<sup>3</sup> ERAS y UNLP, [amercadier@econo.unlp.edu.ar](mailto:amercadier@econo.unlp.edu.ar)

<sup>4</sup> Instituto de Economía UADE, [cromero@uade.edu.ar](mailto:cromero@uade.edu.ar).

## I-Introducción

Ciertas características del sector de agua y saneamiento<sup>5</sup> lo hacen único. En primer lugar, la industria es capital intensiva con un alto porcentaje de ese capital hundido. El cambio tecnológico en el sector haya sido comparativamente lento. En segundo lugar, los servicios de agua y saneamiento son vitales para la población.

Dado que son servicios locales, suelen estar en manos de los niveles de gobierno municipales (no siempre), y la escala de operaciones en muchos casos es ineficiente.

Los cambios en las estructuras industriales del sector, a través de la consolidación de servicios altamente atomizados, la escisión de prestadores concentrados o los cambios de propiedad en la provisión, han sido procesos muy discutidos en los diferentes países. Las decisiones suelen politizarse por la complejidad social del mismo.

En todo el mundo está en discusión cómo lograr un acceso más equitativo y una prestación más eficiente. Un tema vinculado con la eficiencia es la posibilidad de aprovechar economías de escala al dimensionar la prestación de agua potable y alcantarillado.

Este trabajo, tiene como objeto estimar la presencia de estas economías, explotando una base de datos de prestadores de América Latina. Las consecuencias de política son directas: si no se están explotando las economías de escala que pudieran existir, la aglomeración de prestadores puede ahorrar recursos, que sirven para resolver los problemas de cobertura y acceso insuficiente de la población pobre en la región.

Este documento continúa del siguiente modo, la segunda sección se ocupa de cuestiones conceptuales relacionadas con las estimaciones empíricas de economías de escala en el sector de agua y saneamiento. La sección tercera reseña, en forma esquemática la literatura sobre economías de escala en el sector de agua y saneamiento. La cuarta sección describe la base de datos que se utilizará. En la quinta sección resume la metodología de estimación aplicada y presenta los resultados empíricos. La sección sexta es de discusión de las conclusiones.

## II-Cuestiones conceptuales

Desde el punto de vista teórico, existen retornos crecientes (decrecientes) a escala cuando al aumentar los factores de producción  $x_i$  en una proporción “ $t$ ”, el producto y aumenta en una proporción mayor (menor) a dicho aumento. Esto implica que  $f(tx_1, tx_2) > tf(x_1, x_2)$ , para los retornos crecientes a escala (y lo contrario para los decrecientes). Si  $f(tx_1, tx_2) = tf(x_1, x_2)$ , entonces hay retornos constantes a escala.

Esta definición tiene su correlato en la función de costos (cuando los retornos a escala son crecientes en la función de producción, en la función de costos correspondiente se verificarán economías de escala, y cuando predominen los retornos decrecientes a escala, habrá deseconomías de escala; en tanto, los retornos constantes se corresponden con economías constantes a escala; por lo tanto, para la estimación de los retorno/las economías

---

<sup>5</sup> Salvo que se indique puntualmente, sistema de alcantarillado, de cloaca o saneamiento se usarán de manera intercambiable a lo largo del trabajo.

de escala se requiere en primer lugar, definir el producto ( $y$ ) y en segundo lugar definir una función de producción ( $F$ ) o costos ( $C$ ).

Esto conduce a establecer la relación entre las cantidades de producto y factores productivos. Existen dos alternativas posibles desde el punto de vista económico: la primera asume que la firma busca maximizar beneficios eligiendo la combinación de insumos óptima, para el nivel de producción que maximiza utilidades; la segunda, supone que la firma busca minimizar los costos de producción eligiendo los insumos necesarios para alcanzar un nivel de producción dado. Bajo ciertas condiciones de regularidad, es posible probar que la función de costos es el dual de la función de producción. De esta manera, la estructura de producción puede ser caracterizada usando tanto la función de producción como la función de costos. No obstante la dualidad de la función de producción y costos en términos teóricos, la elección de la especificación desde el punto de vista empírico tiene distintas implicancias.

Cuando se realiza una regresión con funciones de producción se asume que el nivel de producto es endógeno (resultante de) mientras que las cantidades de factores productivos son exógenas (instrumentos para). Contrariamente, en una función de costos los costos de producción y las cantidades de factores productivos son endógenos mientras que el producto es exógeno.

En el contexto de las empresas agua potable hay dos razones que favorecen el uso de una función de costos. Las empresas están obligadas a servir a todos los usuarios, satisfaciendo un estándar mínimo de calidad. Además, suelen ser tomadoras de precios de los factores de producción (como salarios, precio de la energía, etcétera).

Sin embargo, la estimación de costos tiene sus propios problemas: el carácter nominal de los valores cuando hay inflación y las dificultades de comparar cuando el estudio es de diferentes países y por ende el poder de compra de las monedas difiere. Esto último constituye un problema altamente relevante para el presente estudio porque es un corte transversal de diferentes países. Por este motivo, se ha optado por utilizar una función de producción y no de costos.

El artículo constituye una novedad en al menos dos aspectos de la literatura económica. En primer lugar, debido a que casi no existen trabajos que modelen la función de producción; la mayoría utiliza funciones de costos de corto y largo plazo. En segundo lugar, hay pocos antecedentes de estudios transfronterizos, siendo la mayoría de la literatura de estudios nacionales.

Además de definir los insumos de la función de producción, existen ciertos factores que inciden en la determinación de las economías de escala que no tienen que ver con el nivel de eficiencia de la firma sino con el ambiente en el cual operan, llamadas variables ambientales, hedónicas o de control. Ellas permiten tener en cuenta diferentes condiciones operativas y técnicas de las empresas: tipo de clientes, densidad territorial del servicio, calidad del producto, etcétera.

El proceso productivo puede ser representado por la función  $f(y, x; Z) = \theta$ , siendo  $y$  el vector de productos,  $x$  el vector de insumos y  $Z$  el vector de variables ambientales que ayudan a caracterizar la tecnología subyacente usada en la producción.

La siguiente es una representación simplificada de la función Cobb-Douglas y su forma logarítmica:

$$y = \beta_0 \prod_{n=1}^N x_n^{\beta_n} \quad (1)$$

$$\ln y = \ln \beta_0 + \sum_{n=1}^N \beta_n \ln x_n \quad (2)$$

La función Cobb-Douglas ha sido ampliamente utilizada en gran parte de la literatura por su simplicidad y la facilidad para interpretar sus resultados. No obstante lo anterior, esta función impone restricciones innecesarias a la tecnología de producción; en particular, con relación a las economías de escala implica que las mismas son constantes para cualquier nivel de producto.

Christensen, Jorgenson, y Lau (1973) utilizando la función de producción translogarítmica (o translog), generaron el marco teórico para capturar las economías de escala de variables que la función Cobb-Douglas no detectaba. La siguiente es una representación de la función de producción trans-log:

$$\ln y = \beta_0 + \sum_{n=1}^N \beta_n \ln x_n + \frac{1}{2} \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M \beta_{nm} \ln x_n \cdot \ln x_m \quad (3)$$

La función de costos translogarítmica tiene la ventaja de ser más flexible que la función de costos Cobb-Douglas. No impone restricciones a priori sobre las posibilidades de sustitución de los factores de producción y permite que las economías de escala varíen de acuerdo con el nivel de producto,

Por este motivo, en los estudios empíricos de economías de escala más recientes se suele usar una función translog que es más flexible y contiene a la Cobb-Douglas como una forma particular. La forma log-lineal de la Cobb-Douglas es el caso particular de la función translog cuando todos los términos de interacción  $\beta_{nm}$  son iguales a cero..

Por otra parte, la función translog puede entenderse como una expansión de segundo orden de Taylor en el logaritmo de una función de costos, con algunas restricciones en los parámetros para respetar las propiedades deseadas (simetría y homogeneidad). La desventaja de la función translog es que por ser una aproximación local sus resultados sólo son confiables en el entorno del punto de aproximación. Dado que algunas de las propiedades no son impuestas (en particular las referidas a su curvatura), deben ser verificadas ex -post, sobre la base de los coeficientes estimados.

La función translog ha sido ampliamente utilizada en los estudios de economía de escala por las propiedades señaladas. Usualmente para la estimación de las economías de escala se ha utilizado una función translog donde el producto es la cantidad de agua potable despachada. No obstante, debido a que no es posible medir el comportamiento de los costos cuando el nivel de producción es cero, esta función presenta limitaciones para la estimación de economías de alcance. Esto es relevante para el sector de agua y saneamiento, no sólo porque uno puede considerar al servicio de agua y saneamiento como dos servicios separados, sino porque uno puede, a su vez, considerar al servicio de agua potable como la suma de una serie de procesos y analizar las economías de escala y alcance de cada uno de éstos (captación, producción, transporte, distribución y comercialización)<sup>6</sup>.

Para la medición de las economías de escala, llamando E a la elasticidad de costos con respecto a la escala (cómo cambian los costos en términos porcentuales ante un dado porcentaje de cambio en la escala o tamaño de una firma), si  $E = 1$  la producción se caracteriza por retornos constantes a escala. Si  $E > 1$ , la producción se caracteriza por deseconomías de escala. Si  $E < 1$  indica economías de escala. Aquí se estandarizarán los

---

<sup>6</sup> Para el estudio de las economías de alcance y el análisis de firmas multiproducto, se utilizan también otro tipo de funciones como la cuadrática o la compuesta que resuelven el problema anterior.

resultados reportados en los estudios mediante la recíproca de la elasticidad del costo (E) con respecto al producto (medido en volumen o en población cubierta). La medida  $(1/E) > 1$  denota economías de escala (los costos crecen menos que proporcionalmente con el producto),  $(1/E) < 1$  informa diseconomías de escala y  $(1/E) = 1$  indica ausencia de economías o diseconomías de escala.

### **III-Reseña de la literatura empírica**

Hasta los 1990s la tendencia en los estudios fue concentrarse en problemas relacionados con las economías de escala y la eficiencia de las empresas públicas versus las privadas. Los principales problemas a estudiar eran las posibles economías de escala que se podrían derivar de fusiones de operadores atomizados en Estados Unidos y la existencia de prestadores públicos y privados con variados niveles de desempeño.

Durante la década de los 1990s la agenda de investigación se desplazó a Inglaterra y Gales a partir del proceso de privatizaciones realizado en el sector en el año 1989, con la presencia de operadores privados creció el interés por determinar su performance y la capacidad para alcanzar las economías de escala en el sector. Durante la década de los 1990s se produjo en Inglaterra y Gales una fuerte concentración de operadores a través de procesos de fusiones y adquisiciones. El interés se centró en determinar si existían o no ganancias de bienestar a partir de las fusiones o si la industria debía ser desintegrada vertical u horizontalmente.

Luego el interés de la literatura de economías de escala pasó a Italia, donde el problema que enfrentaba el servicio era su alta atomización y con el uso de nuevas técnicas econométricas y desarrollos en teoría de la regulación, se estudió la posibilidad de agregar los servicios de agua y saneamiento en Ámbitos Territoriales Óptimos (ATOs). El problema presentado en Italia era común a otros países de Europa como Francia, Alemania, Portugal, Suiza, los Países Bajos, Eslovenia y Rumania. Fuera de Europa, problemas de alta atomización y desaprovechamiento de economías de escala y alcance se presentaban en Japón, Corea del Sur, Canadá y Colombia. Los estudios sobre varios países han sido raros, posiblemente debido a que los datos por lo general no son muy homogéneos.

Los estudios relevados en un conjunto grande de países, arrojan economías de escala (en diversos países con diferentes situaciones) en poblaciones cubiertas desde 100 mil hasta cerca de 1 millón de habitantes, o con densidades poblacionales de hasta 250 habitantes por kilómetro de red, o con volúmenes entregados a la red de 70 millones de m<sup>3</sup> al año. Con poblaciones, volúmenes o densidades mayores, empiezan las diseconomías de escala; con valores menores, hay ahorros de costos por aglomerar.

La Tabla 1 agrupa todos los números encontrados en el examen de la literatura. Se observa que la inversa de la elasticidad producto de los costos, es una medida de las economías de escala. Salvo para los casos de Stone y Webster (2004) y Fraquelli y Moiso (2005) en el resto de los casos los valores observados se encuentran por encima de 0,92 implicando leves diseconomías, economías constantes o crecientes a escala.

Por otro lado, se observa que existe fuerte variabilidad entre las escalas mínimas eficientes medidas estas, ya sea en términos de metros cúbicos, habitantes servidos o clientes. Estas diferencias pueden tener variado origen, incluyendo cuestiones geográficas, históricas, de organización institucional, legal y regulatorias.

**Tabla 1. Síntesis de los resultados cuantitativos de los estudios empíricos relevados.**

Autor y fecha	Inversa de elasticidad/ producto	Escala mínima eficiente (millones de m <sup>3</sup> al año)	Escala mínima eficiente de(en miles de habitantes servidos)	Escala mínima eficiente (en miles de clientes)	Tamaño medio de las empresas (millones de m <sup>3</sup> al año)	Tamaño medio de las empresas (en miles de habitantes servidos)	Tamaño medio de las empresas (en miles de km de red)	Densidad en habitantes por km de red
Antonioli y Filippini (2002)	0.95	7.00	14		6.77	39	0.22	172
Ashton (1999)	0.96	57.53				25		
Baranzini, Faust y Maradan (2008)					3.80	70	0.15	462
Bhattacharyya et al. (1995)					60.67		1.32	
Bottasso y Conti (2003)	0.99				186.34	2600	12.74	204
Bottasso y Conti (2009)	1.14				62.89	820	4.79	171
Fabri y Fraquelli (2000)	0.99	18.86			18.86	164		
Filippini, Hrovatin y Zoric (2007)	1.06	1.17	18	5	2.29	25		
Fraquelli y Moiso (2005)	0.65	90.00	1000		250.00	1892	20.18	94
Fraquelli y Moiso (2005)	1.12	90.00	1000		59.00	366	6.99	52
Fraquelli y Moiso (2005)	2.18	90.00	1000		18.90	22	2.51	9
García, Moreaux y Reynaud (2007)	1.12	0.37	2		1.58	8	75.65	
García y Thomas (2001)	1.00	0.55	11		0.41	8	0.15	56
Martins, Coelho y Fortunato (2006)		7.60			2.46	36	0.25	143
Martins, Coelho y Fortunato (2008)		6.21			1.66	36		
Mizutani y Urakami (2001)	0.92	261.08	766		66.62	195	0.74	262
Nauges y van den Berg (2007)	0.99	395.00	3784		395.00	3784	10.71	353
Nauges y van den Berg (2007)	1.11	453.55	3908		22.00	229	0.32	711
Nauges y van den Berg (2007)	1.26	10.00	98		4.00	30	0.09	333
Nauges y van den Berg (2007)	1.16	15.00	560		13.00	142	0.16	855
Renzetti (1999)		8.10						
Revollo Fernández y Londoño (2008)	1.28	28.00	149		18.90	100	0.49	205
Saal y Parker (2001)					373.28	2400		
Saal y Parker (2005)	0.98				373.32	4300	28.64	150
Saal y Parker (2005)	1.00				62.89	820	4.79	171
Sauer (2005)	2.08	3.59	66	18	1.23	24	0.28	86
Stone & Webster (2004)	0.62	385.44			382.52	2400		

Fuente: Elaboración propia a partir de todos los autores anteriores.

La Tabla 2 presenta las distintas metodologías utilizadas para desarrollar los cálculos de la tabla precedente. Desde el punto de vista de los datos, algunos autores trabajan con datos de panel y otros con cortes transversales. La forma funcional elegida en la mayoría de los casos es la translog. Por este motivo, el método de estimación elegido en la mayoría de los casos es el Seemingly Unrelated Regression (SUR), debido a que se estima un sistema de ecuaciones donde por lo general hay una función de costos, las ecuaciones que definen la participación de cada uno de los factores productivos y una serie de restricciones de igualdad y simetría.

En la mayoría de los estudios relevados el producto es la cantidad de metros cúbicos de agua potable, en algunos casos producida y en otros distribuida (o despachada) a usuarios residenciales, no-residenciales, o venta en bloque. La diferencia entre el agua producida y el agua despachada son las pérdidas de red. Alternativamente, a los metros cúbicos de agua, se toma la cantidad de habitantes servidos o la cantidad de conexiones, como hacen Saal y Parker (2000 y 2001).

Se observa que existen cuatro factores productivos principales: trabajo, capital, energía y materiales. En algunos trabajos se han utilizado otros factores, tales como los servicios contratados, o la cantidad de agua comprada en bloque.

Dado que los estudios en su gran mayoría han optado por la estimación de la función de costos, se asume que las empresas minimizan costos, donde los precios de los factores están dados. Para la determinación del salario promedio se dividen los costos salariales a partir de los datos de balances por el número de empleados.

Para la determinación del precio de la energía, en algunos caso se ha estimado el precio promedio del kwh, y en otros casos se utilizado un índice de costos de la energía que surge de las estadísticas oficiales.

Similarmente al caso de energía, para el precio unitario de los “materiales” (agrupando muy heterogéneos conceptos), se ha utilizado algún índice oficial de precios representativo.

El precio del capital se suele estimar como el de una categoría residual: los costos no salariales se prorratan por alguna unidad física que aproxime el capital físico de las empresas, típicamente, los kilómetros de red.

Con relación a las variables hedónicas, en la mayoría de los casos se incorporan los kilómetros de red, la cantidad de clientes y/o variables de densidad.

Las variables de kilómetros de red, algunas veces se incorporan como proxy del capital, otras veces se incorporan para reflejar los distintos gastos en energía necesarios para bombear los metros cúbicos de agua desde el punto de producción hasta el destino final. Similarmente, ocurre con la cantidad de clientes.

Las variables de densidad buscan capturar diferencias en los costos producto de la concentración o dispersión de la demanda.

El tipo de clientes influye en el sentido de que aquellas firmas que tiene un mayor porcentaje de clientes industriales suelen tener costos más bajos que las firmas proveedoras de clientes residenciales debido a que la demanda se encuentra más concentrada, se requieren menores gastos de comercialización, etcétera.

Asimismo, algunos autores han incorporado variables que distinguen entre distintas fuentes de aprovisionamiento ya que las aguas superficiales suelen tener un mayor nivel de tratamiento con mayores gastos en químicos, mientras que el agua subterránea tiene un mayor consumo de energía eléctrica.

Finalmente, existen una serie de variables que reflejan diferencias en los ámbitos de operación, como las pérdidas y roturas de red, el tipo de propiedad de la prestación, los estándares de calidad, etcétera.



Tabla 2. Compendio de las metodologías empleadas (primera parte)

Estudios empíricos relevados (primer conjunto)	Antonioli y Filippini (2002)	Ashton (1999)	Baranzini, Faust y Maradan (2008)	Bhattacharyya et al, (1994)	Bhattacharyya et al, (1995)	Bottasso y Conti (2003)	Bottasso y Conti (2009)	De Vitte y Dijkgraaf (2007)	Fabbri y Fraquelli (2000)	Filippini, Hrovatin, Zoric (2007)	Fraquelli y Moiso (2005)	García, Moreaux y Reynaud (2007)	García y Thomas (2001)	Hayes (1987)
Autor y fecha	Italia	Inglterra	Suiza	Estados Unidos	Estados Unidos	Inglterra	Inglterra	Países Bajos	Italia	Eslovenia	Italia	Estados Unidos	Francia	Estados Unidos
País/región	Italia	Inglterra	Suiza	Estados Unidos	Estados Unidos	Inglterra	Inglterra	Países Bajos	Italia	Eslovenia	Italia	Estados Unidos	Francia	Estados Unidos
Método de Estimación	RE	GLS, SUR					Varios	COLS	SUR	Varios	ML	GMM	GMM	OLS
Empresas consideradas	32	20	113	257	221	28 a 21	18 a 12	20 a 10	173	52	18	233	55	475
Período	1991-1995	1991-1996	2002-2005	1992	1992	1995-2001	1995-2005	1992-2006	1991	1997-2003	30 años	1997-2000	1995-1997	1960,1970,1976
Tecnología Cobb-Douglas												Si	Si	Si
Tecnología Translog	Si		Si			Si		Si		Si				
Tecnología Cuadrática		Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	
Tecnología Cúbica														Si
Otra tecnología														
Función de costos variables								Si						
Función de costos totales	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si					Si	Si	
Producto: Volumen de agua potabilizada			Si					Si	Si	Si	Si			Si
Producto: Usuarios o conexiones de agua	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	S	Si	Si	Si	Si	Si
Producto: Agua en bloque							Si							
Producto: Pérdidas de agua												Si		Si
Producto: Area de cobertura de agua													Si	
Producto: Volumen de agua de desecho							Si							
Producto: Usuarios o conexiones de saneamiento														
Insumos: Trabajo	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	S	Si	Si	Si	Si	
Insumos: Energía		Si	Si	Si	Si						Si	Si	Si	
Insumos: Capital				Si	Si			Si	Si	Si	Si			
Insumos: Otros		Si	Si	Si	Si	Si	Si		Si	Si	Si	Si	Si	
Variables hedónicas/de control/ambientales	Varias	Varias	Varias	Propiedad	Varias	Varias	Varias	Varias	Varias	Varias	Varias	Varias	Varias	NA
Economías de escala (producto)							Si			Si	Si	Si		
Economías constantes a escala (1/E) +/- 5%	Si	Si					Si		Si	Si	Si		Si	
Deseconomías de escala (producto)											Si			



#### IV La base de datos

Para las estimaciones se usa una base de datos de ADERASA, compuesta por empresas de 14 países de América Latina con 90 observaciones para el año 2005<sup>7</sup>. De esta base se han seleccionado variables representativas de los productos, de los insumos y de las variables hedónicas de control.

Las variables seleccionadas para representar el producto han sido la cantidad de clientes de agua (ln\_clia), el volumen de agua producida (ln\_volu) y la cantidad de habitantes cubiertos con el servicio de agua (ln\_cobe). Estas variables se encuentran expresadas en logaritmos debido a que los coeficientes arrojados en las estimaciones pueden interpretarse como elasticidades.

Los factores productivos son el capital y el trabajo. El primero está representado por la longitud de la red de distribución de agua medida en kilómetros (ln\_reda). El segundo está medido por la cantidad de trabajadores de tiempo completo equivalentes.

Se ha seleccionado una serie de variables hedónicas, para capturar diferencias en los ambientes en los cuales operan las empresas y que tienen un impacto directo sobre la escala elegida y el tamaño óptimo de operación:

- La densidad de clientes (ln\_dens) por kilómetro de red, buscando diferencias en la productividad de los factores que surgen de la concentración o dispersión de la demanda. Esta variable se mide logaritmos para reflejar cambios porcentuales.
- El porcentaje de clientes medidos (medi).
- El porcentaje de población también cubierto con saneamiento (sane) .

El peso de las ventas a clientes residenciales sobre el total de ventas (resi), para reflejar la estructura de la demanda. El porcentaje de agua no contabilizada (anco).

La Tabla 3 presenta estadística descriptiva de las variables seleccionadas.

**Tabla 3. Estadística descriptiva de la base de datos**

Variable	N	Media	Máximo	Mínimo	Desv est	Varianza	Skewness	Kurtosis
ln_clia	90	11.15	14.83	7.02	1.55	2.40	-0.1283	3.12
ln_volu	90	11.31	15.28	6.84	1.53	2.35	-0.0648	3.43
ln_cobe	90	12.54	15.87	8.65	1.51	2.30	-0.0794	2.96
ln_reda	90	6.59	9.82	3.04	1.36	1.85	0.1939	2.69
ln_labor	90	5.48	8.64	1.09	1.41	2.00	-0.3797	3.89
ln_dens	90	5.94	7.00	3.89	0.47	0.22	-0.8508	5.55
medi	90	0.74	1.00	0.00	0.31	0.09	-1.1322	2.83
Sane	90	0.79	1.23	0.00	0.28	0.07	-1.6142	4.69
Resi	76	0.74	1.00	0.28	0.12	0.01	-1.0128	5.34
anco	90	0.40	0.85	0.08	0.12	0.01	0.3104	4.23

Fuente: Elaboración propia

A fin proceder con la estimación de la función de producción se debe determinar en primer lugar, cuál o cuáles son los productos que ofrece una empresa de agua. Estos pueden aproximarse por el volumen de agua (medido en metros cúbicos), el acceso de los clientes a la

<sup>7</sup> ADERASA es la organización que agrupa a los reguladores de agua y saneamiento de las Américas. Los países incluidos en la muestra son Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú y Uruguay .

red de agua (en proporción de habitantes cubiertos en el área de servicio), la cantidad de habitantes abastecidos, o se puede considerar a las empresas proveedoras como firmas multi-producto, en las que se ofrecen los tres productos o al menos una combinación de estos. Lo mismo vale para alcantarillado, aunque el agua de desecho tiene origen en el agua ingresada a la propiedad, y en una gran mayoría de los casos quienes tienen servicio de alcantarillado también tienen servicio de agua, mientras que muchas conexiones de agua no tienen acceso al servicio de alcantarillado.

En la Tabla 4 se presentan las correlaciones entre las tres variables de producción. Se observa que existe una altísima correlación. Por lo tanto, no resulta posible tomar más de un producto por vez para la estimación y para la elaboración de la función de producción se deberá considerar sólo un producto.

**Tabla 4. Correlaciones entre las tres variables de producción**

	ln clia	ln volu	ln cobe
ln clia	1.0000		
ln volu	0.9615	1.0000	
ln cobe	0.9864	0.9636	1.0000

Fuente: Elaboración propia

Teniendo esto en cuenta, el siguiente paso es analizar la correlación muestral entre cada una de las variables de producción, los factores productivos y las variables hedónicas.

El objetivo de este ejercicio es doble. Por un lado, determinar cuáles son las variables que se comportan de manera más previsible con relación al producto seleccionado. Por otro lado, atender posibles problemas de multicolinealidad entre las variables explicativas. La alta correlación podría volver a los estimadores inestables y llevar a ser no concluyentes.

Las Tablas 5 a 7 se presentan las correlaciones para la cantidad de clientes, los volúmenes producidos y la cantidad de población cubierta. En los tres casos se observa una alta correlación entre la variable producto y los factores de producción, y también existe una alta correlación entre la cantidad de trabajo y capital empleados. Este resultado estaría indicando que tanto el tendido de las redes como la cantidad de trabajadores equivalentes, son buenos candidatos para explicar los movimientos en el producto.

Respecto de las correlaciones entre los factores productivos, las variables de control y estas últimas entre sí, no se observan problemas de correlación serios entre las variables.

**Tabla 5. Correlaciones entre ln clia, los insumos y las variables hedónicas (N = 90)**

	ln clia	ln reda	ln labo	ln dens	medi	sane	resi	anco
ln clia	1.0000							
ln reda	0.9626	1.0000						
ln labo	0.8859	0.8301	1.0000					
ln dens	0.3433	0.1220	0.4185	1.0000				
medi	0.0741	0.0329	-0.0108	0.2081	1.0000			
Sane	0.3500	0.3277	0.2942	0.1221	0.3141	1.0000		
Resi	-0.2037	-0.1787	-0.1794	-0.1359	-0.0078	0.1084	1.0000	
anco	-0.0847	-0.1167	0.0649	0.1078	-0.1829	-0.1668	0.0141	1.0000

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 6. Correlaciones entre ln volu, los insumos y las variables hedónicas (N = 90)**

	ln volu	ln reda	ln labo	ln dens	medi	sane	resi	anco
ln volu	1.0000							
ln reda	0.9390	1.0000						
ln labo	0.8331	0.8301	1.0000					
ln dens	0.3256	0.1220	0.4185	1.0000				
medi	0.0143	0.0329	-0.0108	0.2081	1.0000			
Sane	0.2821	0.3277	0.2942	0.1221	0.3141	1.0000		
Resi	-0.2515	-0.1787	-0.1794	-0.1359	-0.0078	0.1084	1.0000	
anco	-0.0093	-0.1167	0.0649	0.1078	-0.1829	-0.1668	0.0141	1.0000

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7. Correlaciones entre ln cobe, los insumos y las variables hedónicas (N = 76)**

	ln cobe	ln reda	ln labo	ln dens	medi	sane	resi	anco
ln cobe	1.0000							
ln reda	0.9610	1.0000						
ln labo	0.8861	0.8301	1.0000					
ln dens	0.3917	0.1220	0.4185	1.0000				
medi	0.0887	0.0329	-0.0108	0.2081	1.0000			
Sane	0.3380	0.3277	0.2942	0.3702	0.5144	1.0000		
Resi	-0.2039	-0.1787	-0.1794	-0.1359	-0.0078	0.0934	1.0000	
anco	-0.0781	-0.1167	0.0649	0.1078	-0.1829	-0.2325	0.0141	1.0000

Fuente: Elaboración propia

## V Metodología de estimación y resultados empíricos

Para estimar la forma de la función de producción se utilizó una especificación de Cobb-Douglas del estilo:

$$\ln y = \ln \beta_0 + \sum_{n=1}^N \beta_n \ln x_n + \sum_{m=1}^M \beta_m \ln z_m \quad (4)$$

Donde:

- ( $y$ ) es el producto que alternativamente estará representado por la cantidad de clientes, el volumen producido y los habitantes cubiertos.
- ( $x_n$ ) son los dos insumos productivos: trabajo y capital
- ( $z_m$ ) son las variables hedónicas que representan alternativamente las cinco variables de control: la densidad, el porcentaje de micromedición, la cobertura de saneamiento y las pérdidas de red.

También se realizaron especificaciones alternativas como la translogarítmica descrita en la ecuación (3), pero aun en las especificaciones más simples (modelos A1, B1 y C1) todos los  $\beta_{nm}$  no resultaron distintos de cero confirmando que la especificación correcta es la de una Cobb-Douglas.

A continuación se plantean 18 funciones de producción: seis para cada uno de los productos; y dentro de esas seis, la primera estimación sólo incluye en sus argumentos a los insumos productivos y en las restantes se agregan de a una las cinco variables hedónicas.

En la Tabla 8 se presentan los resultados para el número de clientes como producto de las empresas prestadoras de agua. Se observa que en las distintas variantes los coeficientes de los insumos productivos son significativos al 1%. Dado que los rendimientos a escala se producen cuando el producto aumenta más que proporcionalmente ante aumentos proporcionales en los insumos y que los coeficientes de los logaritmos pueden leerse como cambios porcentuales, las economías de escala se derivan de la suma de los coeficientes de los dos insumos. Respecto de este punto se observa que en todas las especificaciones existen economías de escala que van de 1,05 (A2) a 1,13 (A1)

Por otro lado, con excepción de la densidad de clientes el resto de las variables hedónicas resultan no distintas de cero.

**Tabla 8. Modelo  $\ln \text{clia} = f(\ln \text{reda}, \ln \text{labo}, \text{variables hedónicas})$**

Modelo		A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	A 6
In clia	constante	4.0835	-0.1245	3.9602	4.0655	4.3787	4.1702
Insumos	ln reda	0.7583*	0.9481*	0.7551*	0.7497*	0.8120*	0.7493*
	ln labo	0.3761*	0.1059**	0.3760*	0.3716*	0.3023*	0.3849*
Hedónicas	ln dens		0.7461**				
	Medi			0.1951			
	Sane				0.1197		
	Resi					-0.2904	
	Anco						-0.1881
	F	733.41	1231.61	497.69	492.70	469.25	485.39
	R2 Ajustado	0.9427	0.9765	0.9436	0.9431	0.9493	0.9423
Escala	Elasticidad	1.1344	1.0540	1.1311	1.1213	1.1143	1.1342

\*variable independiente significativa al 99%

\*\*variable independiente significativa al 95%

\*\*\*variable independiente significativa al 90%

- variable independiente no significativa

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 9 se observa que cuando se toma como producto  $\ln \text{volu}$  producido, los coeficientes de los insumos resultan significativos con excepción del trabajo en la especificación (B2).

Las economías de escala varían entre 0,99 y 1,08 y de las cinco variables hedónicas tres resultan significativas. Cuanto mayor es la densidad de clientes, los datos indican que con aumentos proporcionales de capital y trabajo el rendimiento es superior en las regiones más densamente pobladas. La variante B5 muestra que a medida que se aumenta la cantidad de usuarios residenciales se reduce el volumen de agua producido. Esto se debe a que los usuarios no-residenciales consumen una mayor cantidad de metros cúbicos. El agua no contabilizada de B6 implica que una mayor pérdida de red implica mayores niveles de producción de agua.

**Tabla 9. Modelo ln volu = f(ln reda, ln labo, variables hedónicas)**

Modelo		B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6
In volu	constante	4.4699	-0.4579	4.4773	4.477	5.4285	3.9488
Insumos	ln reda	0.8016*	1.025*	0.8018*	0.8050*	0.8613*	0.8556*
	ln labo	0.2826*	-0.0336	0.2826*	0.2844*	0.1760**	0.2298*
Hedónicas	ln dens		0.8737*				
	medi			-0.0117			
	sane				-0.0471		
	resi					-0.9702**	
	anco						1.1309**
	F	331.03	383.12	218.16	218.49	209.83	237.19
	R2 Ajustado	0.8812	0.928	0.8798	0.88	0.8931	0.8884
Escala	Elasticidad	1.0842	0.9914	1.0844	1.0894	1.0373	1.0854

\*variable independiente significativa al 99%

\*\*variable independiente significativa al 95%

\*\*\*variable independiente significativa al 90%

- variable independiente no significativa

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 10 se presentan las variantes para ln cobe como variable dependiente. Salvo el trabajo en la especificación C2, el resto de los coeficientes de los insumos son significativos al 1%. Las variables hedónicas son no significativas con excepción de la densidad de clientes. Esto resulta lógico debido a que a medida que aumenta la densidad de clientes, aumentos en los factores aumenta más la cantidad de habitantes servidos cuanto más concentrados están estos,

Las economías de escala se encuentran entre 1,00 y 1,10.

**Tabla 10. Modelo ln cobe = f(ln reda, ln labo, variables hedónicas)**

Modelo		C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6
ln cobe	constante	5.6370	-0.0015	5.5565	5.6214	5.9704	5.6276
Insumos	ln reda	0.7448*	1.0004*	0.7427*	0.7373*	0.7801*	0.7458*
	ln labo	0.3620*	0.0000	0.3619*	0.3581*	0.2977*	0.3610*
Hedónicas	ln dens		0.9997*				
	medi			0.1273			
	sane				0.1032		
	resi					-0.2858	
	anco						0.0202
	F	654.93		436.68	437.44	448.52	431.62
	R2 Ajustado	0.9363	1	0.9362	0.9364	0.9471	0.9355
Escala	Elasticidad	1.1068	1.0004	1.1046	1.0954	1.0778	1.1068

\*variable independiente significativa al 99%

\*\*variable independiente significativa al 95%

\*\*\*variable independiente significativa al 90%

- variable independiente no significativa

Fuente: Elaboración propia

## VI Conclusiones

Comentarios acerca de los resultados empíricos, cosas por mejorar y opciones que se abrirían con una base mejor, etcétera.

Los resultados empíricos a través de los distintos modelos revelan la existencia de economías de escala en la prestación de los servicios de agua potable en América Latina, calculados a partir de una base de datos de ADERASA (es un corte transversal para 2005, de noventa empresas). No obstante, debe tenerse en cuenta que uno de los inconvenientes de las funciones Cobb-Douglas es que los coeficientes de las elasticidades son constantes a lo largo del rango de análisis.

Los  $R^2$  ajustados arrojan valores muy altos para cortes transversales; con lo cual, los modelos están bien especificados. En 16 de las 18 especificaciones los coeficientes de los insumos productivos son significativos y con el signo esperado.

Respecto de las variables de control, las mismas han resultado no significativas en la mayoría de los casos.

Los resultados indican la existencia de economías de escala en la muestra relevada, con valores en línea respecto de muchos estudios en otras realidades.

Una base de más extensa y de más años permitiría testear la robustez de los resultados, a través de un estudio de panel. Ello sería una extensión directa del presente trabajo. También la agrupación de prestadores en pequeños, medianos y grandes, en una muestra más grande, habilitaría a conclusiones más detalladas.

Estos resultados tienen importantes implicaciones de política pública. El sector ha sido objeto de políticas de centralización o descentralización, según la época, que no han obedecido en general a consideraciones de escala óptima de provisión. El estudio de economías de escala aporta un argumento técnico a la discusión, puesto que la prescripción puede ser –como parece surgir de este trabajo– que conviene aglomerar pequeños prestadores para reducir costos unitarios. Consecuencia lógica de lo anterior es procurar hallar un concepto operativo de escala óptima de provisión. El estudio de economías de escala también habilita a saber hasta donde llevar el proceso de consolidación, puesto que la teoría y le evidencia indican que en algún punto las empresas se tornan demasiado grandes y comienzan las deseconomías de escala.

## Bibliografía

- Antonioli, B. y M. Filippini (2001). "The use of a variable cost function in the regulation of the Italian water industry," *Utilities Policy*, Elsevier, vol. 10(3-4), pages 181-187.
- Ashton, J. (1999), *Economies of scale, economies of capital utilization and capital utilization in the English and Welsh water industry*, Bournemouth University, School of Finance and Law Working Paper Series, 17
- Baranzini, Andrea, Anne-Kathrin Faust y David Maradan (2008). *Water supply: costs and performance of water utilities. Evidence from Switzerland*. 13<sup>th</sup> International Water Resources Association. World Water Congress. Montpellier, 1-4 September.



- Bhattacharya, A., E. Parker y K. Raffiee (1994). "An examination of the effect of ownership on the relative efficiency of public and private water utilities". *Land Economics* 70(2), pp. 197-209.
- Bhattacharyya, A., T. R. Harris, R. Narayanan y K. Raffiee (1995). Specification and estimation of the effect of ownership on the economic efficiency of the water utilities. *Regional Science and Urban Economics* 25, 759-784.
- Berg, Sanford y Claudia Vargas (2008). Bolivian utility regulation: lessons for a water sector agency. Paper # 08-11. Public Utility Research Center, University of Florida.
- Bottasso, A. y M. Conti (2003). "Cost Inefficiency in the English and Welsh Water Industry : An Heteroskedastic Stochastic Cost Frontier Approach". Noviembre.
- Bottasso, A. y M. Conti (2009). "Scale economies, technology and technical change in the water industry: Evidence from the English water only sector". *Regional Science and Urban Economics* 39 (138–147).
- Chamber, Robert (1988). *Applied production análisis*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Christensen L. R. y W. H. Greene. Economies of scale in U.S. electric power generation. *Journal of Political Economy* 84, 655–676.
- Christensen, Laurits, Dale Jorgenson y Lawrence Lau (1973). "Transcendental Logarithmic Production Frontiers". *The Review of Economics and Statistics*, MIT Press, vol. 55(1), pages 28-45, February.
- De Witte, Kristof y Ebert Dijkgraaf (2007). Mean and bold? On separating merger economies from structural efficiency gains in the drinking water sector. Tinbergen Institute Discussion Paper 2007-092/3
- De Witte, Kristof y Rui Marques (2007). Designing Incentives in Local Public Utilities, an International Comparison of the Drinking Water Sector. Discussion Papers 07-32. University of Leuven.
- Estache, Antonio y Martín Rossi (2005). Relevance of reforms, institutions and basic economics for the economic efficiency of African water utilities. Policy Research Working Paper . The World Bank, June.
- Farsi, Mehdi, Aurelio Fetz y Massimo Filippini (2007). Benchmarking and Regulation in the Electricity Distribution Sector. CEPE Working Paper N° 54. Swiss Federal Institutes of Technology. January.
- Farsi, Mehdi, Aurelio Fetz y Massimo Filippini (2008). Economies of Scale and Scope in Multi-Utilities. *The Energy Journal*. October. The International Association for Energy Economics.
- Filippini, Massimo, Nevenka Hrovatin y Jelena Zoric (2008). Cost Efficiency and Economies of Scale of Slovenian Water Distribution Utilities: An Application of Panel Data Stochastic Frontier Methods. *Journal of Productivity Analysis*. Vol 29, Issue 2 (April), pp. 169-182.
- Fraquelli, Giovanni, Massimiliano Piacenza y Davide Vannoni (2002). Scope and Scale Economies in Multi-Utilities: Evidence From Gas, Water and Electricity Combinations. XIV Conferenza Società Italiana di Economia Pubblica. Dipartimento di Economia Pubblica e Territoriale. Università di Pavia.
- Fraquelli, Giovanni, Massimiliano Piacenza y Davide Vannoni (2004). Cost savings from generation and distribution with an application to Italina electric utilities. Mimeo.
- Fraquelli, Giovanni y Valentina Moiso (2005). Cost Efficiency and Economies of Scale in the Italian Water Industry. XVII Conferenza Società Italiana di Economia Pubblica. Dipartimento di Economia Pubblica e Territoriale. Università di Pavia.

- Frone, Simona (2008). Factors and challenges of regionalization in the water and wastewater sector. Institute of National Economy. Romanian Academy.
- Garcia, S., M. Moreaux y A. Reynaud (2007). Measuring Economies of Vertical Integration in Network Industries: An Application to the Water Sector. *International Journal of Industrial Organization* 25(4), 791-820.
- Garcia, Serge y Alban Thomas (2001). "The Structure of Municipal Water Supply Costs: Application to a Panel of French Local Communities." *Journal of Productivity Analysis* 16: 5-29.
- González Gómez, Francisco y Miguel García Rubio (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-(2/2008). Instituto de Estudios Fiscales.
- Hayes, K. (1987). "Cost structure of the water utility industry". *Applied economics*, 19(3).
- Hempling, Scott (2009). Multi-Utility Issues at a Glance. National Regulatory Research Institute. March 1, 09-04.
- Houtsma, John (2003). Water Supply in California: Economies of Scale, Water Charges, Efficiency, and Privatization. ERSA 2003 Congress, August.
- Hunt, L.C. y Lynk, E.L. (1995). "Privatisation and Economic Efficiency in the UK Water Industry". *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 57(3).
- Iimi, Atsushi (2008). (Un)Bundling Public-Private Partnership Contracts in the Water Sector: Competition in Auctions and Economies of Scale in Operation. Policy Research Working Paper 4459. The World Bank, January.
- Kim, H. Y. y R. M. Clark (1988). Economies of Scale and Scope in Water Supply. *Regional Science and Urban Economics* 18, 479-502.
- Kim, E. y Lee, H. (1998). "Spatial Integration of Urban Water Services and Economies of Scale". *Review of Urban and Regional Development Studies*, 10(1).
- McFadden, D. (1978). Cost, Revenue, and Profit Functions. *Production Economics: A Dual Approach to Theory and Applications. Volume I: The Theory of Production*.
- Martins, R., F. Coelho y A. Fortunato (2006 a). Evaluating Cost Structure of Portuguese Water Utilities: Economies of Scale and Water Losses. Presented at the XVI International Reser Conference, Lisbon, September, 28-30.
- Martins, R., F. Coelho y A. Fortunato (2006 b). "Cost Structure of the Portuguese Water Industry: a Cubic Cost Function Application", *Estudos do GEMF N° 9/2006 Grupo de Estudos Monetários e Financeiros (GEMF) - Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra*.
- Mizutani, F. y T. Urakami (2001). "Identifying network density and scale economies for Japanese water supply organizations". *Regional Science*, volume 80.
- Nauges, Céline y Caroline van den Berg (2007). How "natural" are natural monopolies in the water supply and sewerage sector? Case studies from developing and transition economies. Policy Research Working Paper 4137 4137. The World Bank, February.
- Nauges, Céline y Caroline van den Berg (2008). "Spatial heterogeneity in the cost structure of water and sanitation services: A cross-country comparison of conditions for scale economies". 16<sup>th</sup> EAERE Conference, Gothenburg: June.
- Nerlove, Marc (1963). Returns to Scale in Electricity Supply. En "Measurement in Economics-Studies in Mathematical Economics and Econometrics in Memory of Yehuda Grunfeld", edited by Carl F. Christ. Stanford: Stanford University Press.

- Oliveira, Hugo de (2008). *Fronteiras Eficientes de Custos e de Producao*. Workshop ARSESP sobre Temas Regulatorios. Julho.
- Piacenza, Massimiliano y Davide Vannoni (2005). *Vertical and Horizontal Economies in the Electric Utility Industry: An Integrated Approach*. Higher Education Research on Mobility Regulation and the Economics of Local Services. Working Paper 1. Fondazione Collegio Carlo Alberto. Torino.
- Piacenza Massimiliano y Davide Vannoni (2004). *Choosing among alternative cost function specifications: An application to Italian multi-utilities*. *Economics Letters*: vol 82, 415.
- Picazo Tadeo, Andrés, Francisco Sáez Fernández y Francisco Gonzalez Gómez (2008). *Assesing performance in the management of the urban water cycle*. Efficiency Series Working Paper 01/2008. Departamento de Economía, Universidad de Oviedo.
- Renzetti, S. (1999). *Municipal Water Supply and Sewage Treatment: Costs, Prices, and Distortions*. *The Canadian Journal of Economics*, Vol 32, No 3.
- Revollo Fernández, Daniel y Giovanna Londoño (2008). *Análisis de economías de escala y alcance en los servicios de acueducto y alcantarillado en Colombia*. Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA). Congreso de Economía, 50 Años CEDE. Universidad de Los Andes, Bogotá, octubre.
- Saal, D. y D. Parker, D. (2005). *Assessing the performance of water operations in the English and Welsh Water industry: A panel input distance function approach*. Aston Business School Working Paper RP0502.
- Sauer, J. (2005). *Economies of scale and firm size optimum in rural water supply*. *Water Resources Research* 41.
- Shih, Jhih-Shyang, Winston Harrington, William Pizer y Kenneth Gillinham (2004). *Economies of scale and technical efficiency in community water systems*. Resources for the Future. Discussion Paper 04-15. February.
- Stone and Webster Consultants (2004). *Investigation into evidence for economies of scale in the water and sewerage industry in England and Wales*. Prepared for OFWAT. Final Report, January.
- Torres, M. y C. J. Morrison-Paul (2006). *“Driving Forces for Consolidation or Fragmentation of the US Water Utility Industry: A Cost Function Approach with Endogenous Output”*. *Journal of Urban Economics* 59.
- Tynan, Nicola y Bill Kingdom (2005). *Optimal Size for Utilities? Public Policy For the Private Sector*. Note Number 283. The World Bank, January.
- Van den Berg, Caroline (2008). *Performance assessment and benchmarking. IBNET as a tool for utility management and policy decisionmakers*. Presentation. The International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities. November 24.
- Von Ginneken, Meike y Bill Kingdom (2008). *Key topics in public water utility reform*. Water Working Notes N° 17. The World Bank, August.
- Von Hirschhausen, Christian, Astrid Cullmann, Matthias Walter, Rober Wand y Michael Zschille (2008). *Quo vadis efficiency analysis of water distribution? A comparative literature review*. Water Economics Working Paper 03. Technische Universitat Dresden. Chair in Energy Economics and Public Sector Management.