HAL
open science

Economías de escala en agua y saneamiento: examen de la literatura

Gustavo Ferro, Emilio J. Lentini, Augusto C. Mercadier

To cite this version:

Gustavo Ferro, Emilio J. Lentini, Augusto C. Mercadier. Economías de escala en agua y saneamiento: examen de la literatura. 2010. hal-00460661

HAL Id: hal-00460661

https://hal.science/hal-00460661v1

Preprint submitted on 1 Mar 2010

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Economías de escala en agua y saneamiento: examen de la literatura[1]

Gustavo Ferro[2], Emilio J. Lentini[3] y Augusto C. Mercadier[4]

JEL #: D24, L51, L95.

This version: January 29th, 2010

Word count: 10866.

Resumen

Este estudio se ocupa de relevar la literatura internacional sobre economías de escala en el sector de agua y saneamiento, reseñarla y extraer hilos conductores. 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.
La discusión teórica y los resultados empíricos sobre economías de escala en agua y saneamiento sirven para detectar si hay o no un quid-pro-quo entre concentrar y desconcentrar servicios como medida de política.
Los estudios relevados en un conjunto grande de países, arrojan economías de escala (en diversos países con diferentes situaciones) en poblaciones cubiertas por entre 100 mil, hasta cerca de 1 millón de habitantes (en algunos casos se extiende a varios millones), o con densidades poblacionales de hasta 250 habitantes por kilómetro de red, o con volúmenes entregados a la red de 70 millones de m3 al año. Con poblaciones, volúmenes o densidades mayores, empiezan primero los rendimientos constantes a escala y posteriormente las deseconomías de escala; con valores menores, hay ahorros de costos por aglomerar.

Abstract

This study is aimed to survey the international literature on economies of scale in the water and sanitation sector, to synthesize it, and to extract a common thread. In the whole world they are been discussing how to provide a more equitable access and a more efficient provision. One issue related with efficiency is the possibility of taking advantage from economies of scale.
The sector industrial structures had been changing in many places, through consolidation of highly atomized services, or the split of concentrated providers, or by changes in the pattern of providers' property, and those changes had been matter of heavy discussions. Some decisions could be very complex, because of political and social interests.
The theoretical discussion and empirical results on scale economics in water and sanitation are useful to discover the trade-offs between concentration and de-concentration of services as policy measures.The studies from an important set of countries show scale economies (in different countries with different situations) in population served between 100 thousand to 1 million (in some cases extending to many millions), or with population densities of until 250 inhabitants per square kilometers, or with volumes up to 70 million of cubic meters per year. With lower populations, volumes or densities, first we can expect constant returns to scale, and next, in the larger enterprises, diseconomies of scale; in smaller providers, there are gains of agglomerating services.

---

[1] Una versión previa fue presentada a la XLIV Reunión Anual de la AAEP en Mendoza, Argentina, en noviembre de 2009. Se benefició de comentarios de Inés Asís y Alejandro Danón. Un antecedente directo a este trabajo fue un extenso estudio sobre economías de escala en agua y saneamiento en América Latina, realizado para CEPAL (Ferro y Lentini, 2010)
[2] Instituto de Economía UADE y CONICET, gferro@uade.edu.ar.
[3] Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua – (FCV) UBA y GDR « Res-Eau-Ville », ejlentini@yahoo.com.ar
[4] ERAS y UNLP, amercadier@econo.unlp.edu.ar

I. Introducción

Este estudio se ocupa de relevar la literatura internacional sobre economías de escala en el sector de agua y saneamiento[5], reseñarla y extraer hilos conductores. 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.

Ciertas características del sector lo hacen único. Primero, la industria es capital intensiva y tiene un alto porcentaje de ese capital hundido. El cambio tecnológico en el sector ha sido comparativamente lento. Segundo, 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 más bajos. La escala óptima de prestación puede no coincidir con el tamaño de dichas jurisdicciones.

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 diferentes países. Las decisiones suelen politizarse por su complejidad social.

La discusión teórica y los resultados empíricos sobre economías de escala en agua y saneamiento sirven para detectar si hay o no un quid-pro-quo entre concentrar y desconcentrar servicios como medida de política.

Tras esta introducción, 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 sistematizaa resultados de los estudios relevados. Las secciones cuarta, quinta, sexta y séptima se ocupan de los estudios realizados respectivamente en Estados Unidos, Inglaterra, Europa Continental y otros países, y estudios transfronterizos. El orden establecido sigue la cronología y el cambio de énfasis en los estudios (eficiencia relativa entre público y privado en Estados Unidos, conveniencia de ulteriores fusiones en Inglaterra, búsqueda de definir la escala mínima eficiente en muchos países con prestación atomizada, y estudios transfronterizos de organismos internacionales que buscan algunas prescripciones de carácter general para la política de consolidación/descentralización del sector. Por último, la octava sección es de síntesis y conclusiones.

II. Cuestiones conceptuales y estimaciones empíricas

Cuestiones conceptuales

Las etapas del servicio de agua potable consisten en captación y conducción de agua cruda, potabilización, eventualmente almacenamiento, y posteriormente transporte y distribución. El proceso de saneamiento comienza con la recolección de aguas servidas, su transporte, eventualmente su tratamiento y luego la disposición final.

La producción y distribución de agua es altamente dependiente del stock de capital que en su mayoría consiste en plantas potabilizadoras y redes. Dada la diversidad de contextos en los cuales operan las distintas empresas, resulta difícil proveer una forma generalizada de representación de la función de producción de una empresa tipo.

[5] Alcantarillado, cloaca o saneamiento se usarán de manera intercambiable a lo largo del trabajo.

El agua subterránea implica mayores costos de perforación y bombeo, mientras que los costos de potabilización son usualmente mayores para el agua superficial. También existen diferencias en el proceso de distribución, en el tamaño del área de servicio y la densidad de clientes. 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 retornos 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: llamando E a la elasticidad de costos con respecto a la escala ([dC/C]/[dy/y], es decir, cómo cambian los costos C en términos porcentuales ante un dado porcentaje de cambio en la escala o tamaño de una firma), si E = 1 hay economías de escala constantes y la producción se caracteriza por retornos constantes a escala. Si E > 1, la producción se caracteriza por deseconomías de escala (retornos decrecientes a escala de la producción). Si E < 1 indica economías de escala (retornos crecientes a escala). Aquí se estandarizarán los resultados reportados en los estudios mediante la recíproca de la elasticidad del costo (E) con respecto al producto, que son los retornos a escala. La medida (1/E) > 1 denota economías de escala (los costos crecen menos que proporcionalmente con el producto), (1/E) < 1 informa deseconomías de escala y (1/E) = 1 indica ausencia de economías o deseconomías de escala.

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. Cuando se estima producción se asume maximización de beneficios por la firma y cuando se estima costos se supone minimización de costos. No obstante la dualidad de estas dos funciones en términos teóricos, la elección de la especificación desde el punto de vista empírico tiene distintas implicancias.

En el contexto de las empresas abastecedoras de agua potable hay dos razones que favorecen el uso de una función de costos. En primer lugar, las empresas de agua están obligadas a proveer el servicio, con independencia que dicha producción no maximice beneficios. En segundo lugar, suelen ser tomadoras de precios de los factores de producción. Por lo tanto, las decisiones pueden ser mejor caracterizadas como de minimización de costos.

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 varios países y por ende el poder de compra de las monedas difiere.

Una vez determinada la relación elegida entre insumos y productos para caracterizar el problema, se debe establecer si la forma funcional de los costos corresponde a una función de corto o largo plazo. La diferencia básica radica en la capacidad que tiene la empresa para modificar o no las cantidades de factores productivos.

En términos matemáticos, el proceso productivo puede ser representado por la función $f(y, x; Z) = 0$, siendo y el vector de productos, x el vector de insumos y Z el vector de variables que ayudan a caracterizar la tecnología subyacente usada en la producción.

El producto es exógeno para una empresa regulada por precio máximo, donde la elección puede ser representada como una minimización del costo de largo plazo de proveer el nivel requerido de producción $y = y_0$:

Min $\Sigma w_i x_i$, sujeta a $f(y_0, x; Z) = 0$, donde se toman los precios de los factores w_i como dados, y donde y_0 es un nivel de producto determinado. La solución a este problema, definido como el vector de insumos x_i*, arroja la función de costos de largo plazo de la firma $C_{LP}(y, w; Z) = \Sigma w_i x_i^*(y, w; Z)$.

Tal función de costos debe satisfacer las siguientes propiedades: costos no negativos y no decrecientes en producto, así como precios de los insumos y costos homogéneos de grado uno, cóncavos y continuos con respecto al precio de los insumos. Lo anterior supone que las firmas pueden ajustar en el largo plazo el nivel de todos los factores para asegurar que los costos se minimizan. En el mundo real, la tecnología puede ser indivisible y asociada con bienes de muy larga vida útil. Las firmas, además no tienen total influencia sobre los factores fijos como el capital. Las obligaciones de calidad y estándares significan que es más apropiado tratar al capital como un factor cuasi fijo.

El problema pasa a ser entonces de minimizar costos variables condicionales al vector de los factores cuasi fijos (el supraíndice v indica cantidades y precios de factores variables):

Min $\Sigma w^v_j x^v_j$, sujeta a $f(y, x^v, K; Z) = K$.

La solución a dicha minimización restringida arroja la función de costo variable condiciones denotadas como $CV(y, w^v, K; Z) = \Sigma w^v_j x^*_j(y, w^v; Z) + w^k K$.

La función de costos variables reflejará la misma información que las relaciones tecnológicas subyacentes que gobiernan la relación entre costos y productos. La modelización de costos variables provee una forma de distinguir entre economías de escala de corto y largo plazo.

El uso de funciones de costos para estimar economías de escala y alcance en el sector de agua potable y saneamiento tiene sus orígenes en adaptaciones de estudios estadísticos realizados para el sector eléctrico. Nerlove (1963) utilizó una función de costos Cobb-Douglas (log-lineal) para estimar economías de escala en el sector eléctrico en Estados Unidos:

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

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

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, impone restricciones innecesarias a la tecnología de producción; en particular, con relación a las economías de escala implica que las mismas son invariantes respecto del nivel de producto.

Christensen y Greene (1976) actualizaron el estudio de Nerlove utilizando la función de costos translogarítmica introducida por Christensen, Jorgenson, y Lau (1973) buscando capturar las variaciones en las economías de escala que la función Cobb-Douglas no detectaba.

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

La función de costos trans-logarítmica tiene la ventaja de ser más flexible que la función de costos Cobb-Douglas. No imponer 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, lo que hace posible capturar la forma de U de la curva de costos medio (Christensen y Greene, 1976). Obsérvese que la forma log-lineal de la Cobb-Douglas es el caso particular de la función trans-logarítmica cuando todos los β_{nm} son iguales a cero.

Por otra parte, la función trans-logarítmica 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 trans-logarítmica 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.

Otra de las limitaciones que tiene la función trans-logarítmica es que en contextos multiproducto no es posible medir el comportamiento de los costos cuando el nivel de producción es cero. Esto es un obstáculo para la estimación de economías de alcance y resulta 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).

Para atender a este problema, se han ensayado dos soluciones. La primera es fijar valores arbitrariamente pequeños pero distintos de cero de la variable producto (Hayes (1988), Stone y Webster (2004), Martins et al. (2006a), Revollo Fernandez y Londoño (2008)) y la segunda es plantear una forma funcional alternativa. En los estudios de economías de alcance y el análisis de firmas multiproducto, se utilizan funciones como la cuadrática o la compuesta que resuelven este problema. Esta es la función cuadrática:

$$y = \beta_0 + \sum_{n=1}^{N} \beta_n x_n + \frac{1}{2} \sum_{n=1}^{N} . \sum_{m=1}^{N} \beta_{nm} x_n . x_m$$

y esta a continuación, es la compuesta

$$C^{(\phi)} = \left\{ \exp\left[\left(\alpha_0 + \sum_i \alpha_i Y_i^{(\pi)} + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \alpha_{ij} Y_i^{(\pi)} Y_j^{(\pi)} + \sum_i \sum_r \delta_{ir} Y_i^{(\pi)} \ln P_r \right)^{(\pi)} \right] * \exp\left[\sum_r \beta_r \ln P_r + \frac{1}{2} \sum_r \sum_l \beta_{rl} Y_r^{(\pi)} Y_l^{(\pi)} \right] \right\}^{(\phi)}$$

Las potencias que están entre paréntesis, representan las transformaciones Box-Cox (por ejemplo $Y_i^{(\pi)} = (Y_i^{\pi} - 1)/\pi$. Para π distinto de cero y cuando tiende a cero $Y_i^{(\pi)} = \ln Y_i$.

Cuanto más flexible es la función de costos, más probable es que adopte la forma real subyacente, pero a mayor complejidad los estimadores se podrían volver inestables producto de la multicolinealidad de variables.

Uno de los motivos por los cuales los trabajos relevados difieren es por la definición utilizada de elasticidades.

En primer lugar, la estimación de costos variables implica elasticidades de corto plazo que luego son adaptadas al largo a través del efecto generado por el factor cuasi-fijo:

$$E_{Corto} = \frac{1}{\varepsilon_y}$$

$$E_{Largo} = \frac{1 - \varepsilon_k}{\varepsilon_y}$$

Más allá del producto distribuido, existen otras características que pueden influir los costos como el número de clientes, el tamaño del área servida o el largo del tendido de redes. De acuerdo con Caves et al. (1984) y Roberts (1986), la inclusión del número de clientes y del tamaño del área servida en la función de costos permite distinguir entre economías de densidad de producto, economías de densidad de cliente y economías de escala.

A partir de la función de costos se define la densidad de producto como la inversa del aumento porcentual de los costos resultante de un aumento en 1% del producto elegido.

$$E_{DP} = \left(\frac{\partial \ln C}{\partial \ln Q} \right)^{-1} = \frac{1}{\varepsilon_q}$$

De esta manera se mide la reacción de los costos a los incrementos en el producto manteniendo constante el número de clientes y tamaño del área de prestación. La economía de densidad de clientes, se define como la inversa del aumento porcentual en los costos como resultado de un aumento en 1% de la cantidad de productos y clientes. Esta medida permite analizar la existencia de áreas de servicios que se vuelven más densamente pobladas.

$$E_{DC} = \left(\frac{\partial \ln C}{\partial \ln Q} + \frac{\partial \ln C}{\partial \ln Clientes} \right)^{-1} = \frac{1}{\varepsilon_q + \varepsilon_{cl}}$$

Por último, las economías de escala se miden como la reacción de los costos a cambios porcentuales en el producto, el número de clientes y el área servida[6]. Se asume que la densidad de clientes y el producto por clientes se mantienen constantes.

$$E_{Escala} = \left(\frac{\partial \ln C}{\partial \ln Q} + \frac{\partial \ln C}{\partial \ln Clientes} + \frac{\partial \ln C}{\partial \ln Área} \right)^{-1} = \frac{1}{\varepsilon_q + \varepsilon_{cl} + \varepsilon_{area}}$$

Estimaciones empíricas

Para la estimación de las economías de escala se requiere en primer lugar, definir el producto (*y*) y en segundo lugar definir una función de producción (*F*) o costos (*C*).

Con relación al producto (*y*), la Tabla 1 presenta los distintos productos utilizados en la literatura para medir las economías de escala.

Tabla 1. Definición de Productos

Autor y fecha	Volumen de agua producida, distribuida o facturada	Cantidad de usuarios	Cantidad de habitantes servidos	Superficie del área servida
Antonioli y Filippini (2002)	X			
Ashton (1999)	X			
Baranzini, Faust y Maradan (2008)	X			
Bhattacharyya et al, (1994)	X			
Bhattacharyya et al, (1995)	X			
Bottasso y Conti (2003)	X			
Bottasso y Conti (2009)	X	X		X
De Vitte y Dijkgraaf (2007)	X			

[6] La densidad se puede medir usando como denominador el área en kilómetros cuadrados, la longitud de red o el número de distritos incorporados, y como numerador los habitantes o conexiones servidos.

Fabbri y Fraquelli (2000)	X		
Filippini, Hrovatin, Zoric (2007)	X		
Fraquelli & Moiso (2005)	X		
García, Moreaux y Reynaud (2007)	X (y agua en bloque)		
García y Thomas (2001)	X (y pérdidas de red)		
Hayes (1987)	X (y agua en bloque)		
Hunt y Lynk (1995)	X (y volumen de efluentes)		
Kim y Clark (1988)	X (residenciales y no residenciales		
Kim y Lee (1998)	X		
Martins, Coelho y Fortunato (2006)	X (residenciales, no residenciales y pérdidas)		
Martins, Coelho y Fortunato (2008)	X (y volumen de efluentes)		
Mizutani y Urakami (2001)	X (corregido por calidad)		
Nauges y van den Berg (2007)	X (y volumen de efluentes)		
Nauges y van den Berg (2008)	X (y volumen de efluentes)		
Renzetti (1999)	X (residenciales, no residenciales y efluentes tratados)		
Revollo Fernández & Londoño (2008)	X (y volumen de efluentes)		
Saal y Parker (2000)			X (y conexiones de saneamiento)
Saal y Parker (2001)			X (y conexiones de saneamiento, ajustado por calidad)
Sauer (2005)	X		
Stone y Webster (2004)	X	X (y conexiones de saneamiento)	X (servida con saneamiento)
Torres y Morrison (2006)	X (residenciales y en bloque)		
Tsegai, Linz y Kloos (2009)	X		
Urakami (2006)	X		

Fuente: elaboración propia a partir de los estudios citados.

Una vez definido el producto (ya sea como volumen de agua, habitantes o conexiones servidas), resta definir la función de producción que describe a la tecnología. La Tabla 2 presenta los factores productivos que han sido considerados en cada uno de los estudios realizados. 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 en mercados de insumos competitivos, o donde los precios de los factores están dados. En este contexto, para la determinación del precio de los factores se ha utilizado por lo general el salario promedio a partir de los datos de balances y 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 es utilizado un índice de costos de la energía que surge de las estadísticas oficiales.

Similarmente al caso de energía, por lo general, el rubro materiales ha agrupado conceptos tan heterogéneos que se ha utilizado para determinar su precio algún índice general de precios como el Indice de Precios al Consumidor (IPC).

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

Tabla 2. Factores productivos

Autor y fecha	**Trabajo**	**Capital**	**Energía**	**Materiales**	**Otros**
Antonioli y Filippini (2002)	X	X	X		
Ashton (1999)	X	X			
Baranzini, Faust y Maradan (2008)	X	X	X	X	
Bhattacharyya et al, (1994)	X	X	X	X	
Bhattacharyya et al, (1995)	X	X	X	X	
Bottasso y Conti (2003)	X	X			X
Bottasso y Conti (2009)	X	X			X
De Vitte y Dijkgraaf (2007)	X	X			
Fabbri y Fraquelli (2000)	X		X	X	
Filippini, Hrovatin, Zoric (2007)	X	X		X	
Fraquelli & Moiso (2005)	X	X	X	X	
García, Moreaux y Reynaud (2007)	X		X	X	X
García y Thomas (2001)	X		X		X
Kim y Clark (1988)	X	X	X		
Kim y Lee (1998)	X	X		X	
Mizutani y Urakami (2001)	X	X	X	X	
Nauges y van den Berg (2007)	X	X	X		X
Nauges y van den Berg (2008)	X	X	X		X
Renzetti (1999)	X	X	X		
Revollo Fernández & Londoño (2008)	X	X	X	X	
Saal y Parker (2000)	X	X			X
Sauer (2005)	X	X	X	X	
Stone y Webster (2004)	X	X	X		
Torres y Paul (2006)	X	X	X		X
Tsegai, Linz y Kloos (2009)	X	X		X	
Urakami (2005)	X	X			X

Fuente: elaboración propia a partir de los estudios citados.

La Tabla 3 presenta las distintas funciones de costos y las definiciones de capital usados en la literatura. Con relación a las funciones de costos, no hay una tendencia clara a favor de la elección de costos variables o totales.

Tabla 3. Funciones de costo y definición del capital

Autor y fecha	**Función de costos**	**Capital**	**Definición del Capital**
Antonioli y Filippini (2002)	Variables	X	Cantidad de pozos
Ashton (1999)	Variables	X	Activo operativo
Baranzini, Faust y Maradan (2008)	Totales y Variables	X	Km de red y (depreciaciones + intereses, CT)
Bhattacharyya et al, (1994)	Variables	X	(Ingresos - CV)/(depreciación + intereses)
Bhattacharyya et al, (1995)	Variables	X	(Ingresos - CV)/(depreciación + intereses)
Bottasso y Conti (2003)	Variables	X	Activo fijo
Bottasso y Conti (2009)	Variables	X	
De Vitte y Dijkgraaf (2007)	Totales	X	
Fabbri y Fraquelli (2000)	Totales		
Filippini, Hrovatin, Zoric (2007)	Totales	X	(depreciación + intereses)/ capacidad de bombeo (litros/seg)
Fraquelli & Moiso (2005)	Totales	X	Costo/km de red
García, Moreaux y Reynaud (2007)	Variables		
García y Thomas (2001)	Variables		
Hayes (1987)	Totales		
Hunt y Lynk (1995)	Totales		
Kim y Clark (1988)	Totales	X	tasa de interés de deuda + 2%
Kim y Lee (1998)	Totales	X	
Martins, Coelho y Fortunato (2006)	Totales		
Martins, Coelho y Fortunato (2008)	Totales		
Mizutani y Urakami (2001)	Totales	X	Depreciación + tasa bonos gobierno
Nauges y van den Berg (2007)	Variables	X	Km de red y (depreciaciones + intereses, CT)
Nauges y van den Berg (2008)	Variables	X	Km de red y (depreciaciones + intereses, CT)
Renzetti (1999)	Totales	X	Tasa promedio de deuda de municipios
Revollo Fernández & Londoño (2008)	Variables	X	Km de red y (depreciaciones + intereses, CT)
Saal y Parker (2000)	Totales	X	Depreciación + reposición + 6% real
Saal y Parker (2001)	Totales		
Sauer (2005)	Totales	X	Capital accionario
Stone y Webster (2004)	Totales y Variables	X	Depreciación + reposición + tasa de interés
Torres y Paul (2006)	Variables	X	Capacidad de almacenamiento, Capacidad de tratamiento
Tsegai, Linz y Kloos (2009)	Totales	X	Gasto de almacenamiento y reticulación / agua para comercializar
Urakami (2005)	Totales	X	Depreciación + deuda corporativa

Fuente: elaboración propia a partir de los estudios citados.

De las definiciones de costos, una vez determinados los vectores de productos e insumos, debe tenerse en cuenta que las firmas no operan en contextos homogéneos. Por este motivo, para una clara determinación de las economías de escala se deben incorporar variables que reflejen estas diferencias (número de suscriptores, densidad del área de prestación y variables asociadas a

la calidad de producto, entre otras). La no incorporación de estas variables de control (también llamadas hedónicas o ambientales) podría devenir en un caso de omisión de variables y generar estimadores sesgados.

La Tabla 4 presenta las variables de control utilizadas en los estudios. Se observa que en la mayoría de los casos se incorporan los kilómetros de red, la cantidad de clientes y/o variables de densidad. Los kilómetros de red, algunas veces se incorporan como proxy del capital, otras veces se incorporan para reflejar los distintos gastos en energía necesarios. 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. Asimismo, algunos autores han incorporado variables que distinguen entre distintas fuentes de aprovisionamiento ya que las aguas superficiales suelen implicar un proceso de tratamiento más complejo, mientras que el agua subterránea tiene un mayor consumo de energía eléctrica. Por otra parte, las pérdidas de red pueden representar una medida de calidad del servicio, o representar la edad y el deterioro del tendido. 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. Finalmente, existen una serie de variables que reflejan diferencias en los ámbitos de operación: las roturas de red, el tipo de propiedad de la prestación, los estándares de calidad, etcétera.

Tabla 4. Variables de control

Autor y fecha	Km red	Clientes	Densidad	Fuente	Pérdidas	Tipo Clientes	Otros
Antonioli y Filippini (2002)	X	X			X		Dummy de tratamiento y tendencia
Ashton (1999)			Cl/ km red				(CV - Trabajo)/Total de activos
Baranzini, Faust y Maradan (2008)			Cl/ km red	X		X	Capacidad de carga
Bhattacharyya et al, (1994)							Roturas/producto y propiedad pub o priv
Bhattacharyya et al, (1995)				X	X	X	Roturas/producto y propiedad pub o priv
Bottasso y Conti (2003)	X		Cl/ km red	X		X	Dummy servicio saneamiento, Nro de pozos
Bottasso y Conti (2009)		X	Cl/ km red	X		X	Dummy servicio saneamiento, Nro de pozos, Area (Km2)
De Vitte y Dijkgraaf (2007)	X	X		X		X	Tipo de suelo, edad de instalaciones y purificación
Fabbri y Fraquelli (2000)		X	Cl/ km red				% costos de tratamiento, costo agua en bloque comprada
Filippini, Hrovatin, Zoric (2007)		X		X	X		Area (Km2), dummy tratamiento y tendencia
Fraquelli & Moiso (2005)	X				X		Tendencia
García, Moreaux y Reynaud (2007)	X	X					Capacidad de bombeo y capacidad de almacenaje
García y Thomas (2001)	X	X			X		Capacidad deproducción, bombeo y almacenaje
Kim y Clark (1988)	X						Capacidad de utilización
Martins, Coelho y Fortunato (2006)	X		Conex/ km2				% agua comprada en bloque, tipo de propiedad y si enfrenta regulación
Martins, Coelho y Fortunato (2008)			(Cl/ km red)/ km2				Conexiones de cloaca, tipo de propiedad
Mizutani y Urakami (2001)			Cl/ km red	X		X	Tasa de utilización, tasa de purificación

Nauges y van den Berg (2007)	X				X	Duración promedio (horas de abastecimiento), % de agua comercializada, % de medición, pueblos servidos, roturas por año, población
Nauges y van den Berg (2008)	X			X		% medición, Nro pueblos servidos, Nro roturas
Renzetti (1999)			Hab/municipio			Tipo de tratamiento de saneamiento
Revollo Fernández & Londoño (2008)	X		Cl/ km red			Nro de Muncipio y tendencia
Saal y Parker (2000)						Dummy privatización y dummy revisión 1994
Saal y Parker (2001)						
Sauer (2005)	X	X		X		
Stone y Webster (2004)				X		Calidad del agua, estándares medioambientales, calidad del servicio, % micromedidos, cantidad de pozos promedio
Torres y Paul (2006)		X		X		Tamaño de las áreas y gasto en químicos
Urakami (2005)				X		

Fuente: elaboración propia a partir de los estudios citados.

Desde el punto de vista práctico, una vez definidos los productos, los insumos a considerar y las variables de control elegidas, se debe determinar cómo se relacionan las variables; esto es, la forma funcional que mejor representa la tecnología de producción. En la Tabla 5 se observa que la mayoría de los trabajos ha utilizado la forma trans-logarítmica para representar la tecnología subyacente.

Tabla 5. Formas funcionales

Autor y fecha	**Tecnología Cobb-Douglas**	**Tecnología Translog**	**Tecnología Cuadrática**	**Otra tecnología**
Antonioli y Filippini (2002)	X			
Ashton (1999)		X		
Baranzini, Faust y Maradan (2008)	X	X		
Bhattacharyya et al, (1994)	X	X		
Bhattacharyya et al, (1995)		X		
Bottasso y Conti (2003)	X	X		
Bottasso y Conti (2009)		X		
De Vitte y Dijkgraaf (2007)	X	X		Fourier
Fabbri y Fraquelli (2000)		X		
Filippini, Hrovatin, Zoric (2007)	X	X		
Fraquelli y Moiso (2005)		X		
García, Moreaux y Reynaud (2007)		X		
García y Thomas (2001)		X		
Hayes (1987)			X	
Hunt y Lynk (1995)		X		
Kim y Clark (1988)	X	X		
Kim y Lee (1998)		X		
Martins, Coelho y Fortunato (2006)			X	
Martins, Coelho y Fortunato (2008)				Cúbica
Mizutani y Urakami (2001)	X	X		

Nauges y van den Berg (2007)		X		
Nauges y van den Berg (2008)		X		
Renzetti (1999)		X		
Revollo Fernández y Londoño (2008)	X	X	X	
Saal y Parker (2001)		X		
Saal y Parker (2005)		X		
Sauer (2005)				Mc Fadden Simétrica Generalizada
SCL Econometrics (2009)		X		
Stone y Webster (2004)		X	X	
Torres y Morrison (2006)				Generalizada de Leontief
Urakami (2006)		X		

III. Resultados

La Tabla 6 sintetiza los números encontrados en el examen de la literatura. Luego, siguiendo la práctica de otros estudios se agrupó la experiencia en dos gráficos. Estos deben ser analizados con cautela, porque las comparaciones justas son entre cosas comparables, y en estos casos hay ambientes operativos que en muchos casos son disímiles. Se advierte que las deseconomías de escala aparecen en los casos en que los prestadores considerados son en promedio muy grandes. Predominan las economías de escala y economías de escala constantes (considerándolas entre los valores 0,95 y 1,05 como es de práctica en la literatura empírica).

Tabla 6. Síntesis de los resultados cuantitativos de los estudios empìricos relevados

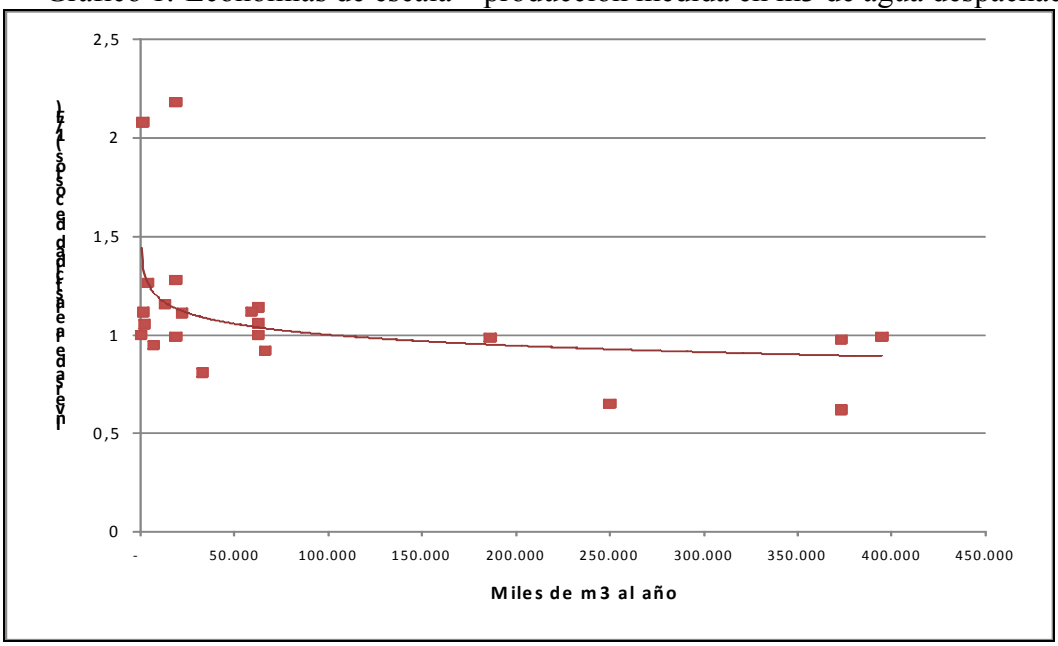
Autor y fecha	**Inversa de elasticidad/ producto**	**Escala mínima eficiente (millones de m3 al año)**	**Escala mínima eficiente (en miles de habitantes servidos)**	**Escala mínima eficiente (en miles de clientes)**	**Tamaño medio de las empresas (milllones de m3 al año)**	**Tamaño medio de las empresas (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
Fabbri 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.

En el Gráfico 1 se presentan las estimaciones de economías de escala de los estudios reseñados en laTabla 6. Las distintas observaciones se ordenan a partir de los m3 de agua despachada por los prestadores. En el eje vertical se presentan las inversas de las elasticidades. Valores por encima de la unidad indican la existencia de economías de escala y la pendiente negativa de la curva indica que las economías de escala crecen a medida que aumentan los metros cúbicos despachados; lo contrario ocurre con la pendiente positiva. Respecto de las economías de escala, se observa que para las empresas que despachan bajas cantidades de metros cúbicos existen economías hasta los 70 millones de m3 al año. A partir de allí aparecen las economías constantes a escala o deseconomías.

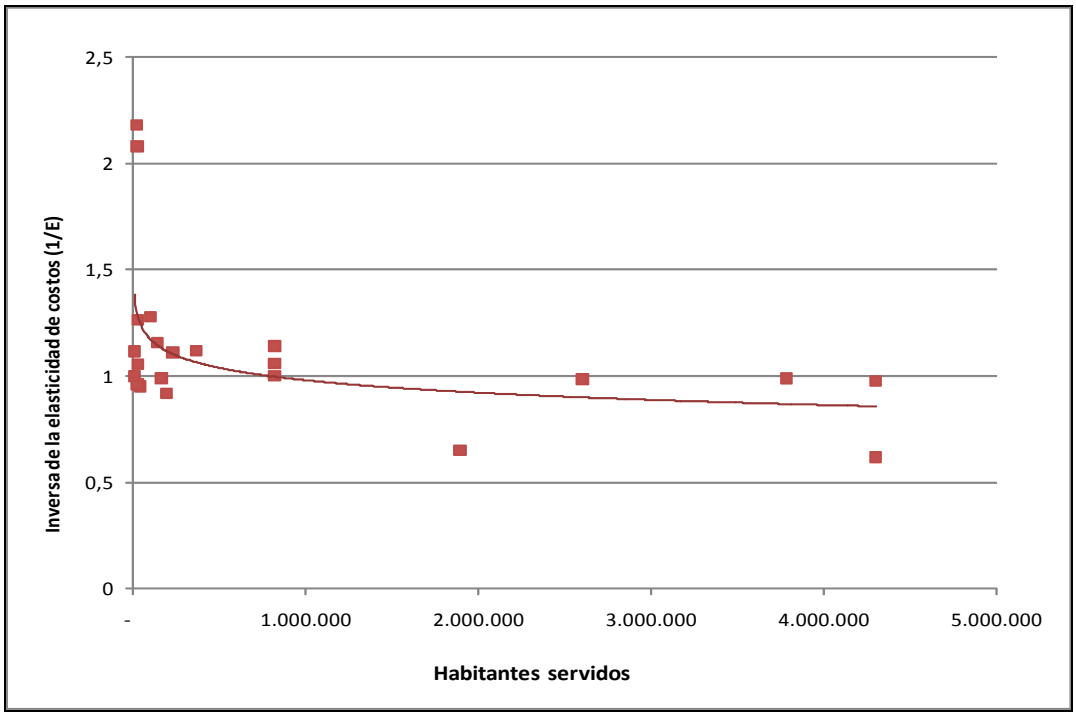
Gráfico 1. Economías de escala – producción medida en m3 de agua despachada -



En el Gráfico 2 las distintas observaciones se ordenan a partir de la cantidad de habitantes servidos. En el eje vertical se presentan las inversas de las elasticidades. Se observa que las economías de escala existen para los prestadores que abastecen menos de 1 millón de habitantes.

Desde allí empiezan las economías constantes a escala (hay casos de hasta más de 4 millones de habitantes) o deseconomías.

Gráfico 2. Economías de escala – producción medida en cantidad de habitantes servidos -



Concluyendo, los estudios arrojan economías de escala en diversos países con diferentes situaciones en poblaciones cubiertas por hasta cerca de 1 millón de habitantes, o con volúmenes entregados a la red de 70 millones de m3 al año. Con poblaciones o volúmenes mayores, hay economías constantes a escala o empiezan las deseconomías de escala; con valores menores, habría ahorros de costos por aglomerar pequeños prestadores.

Las siguientes secciones realizan un análisis en detalles de las experiencias en los distintos países en la estimación de las economías de escala a partir de las motivaciones para su estudio.

IV. Estados Unidos: ¿público o privado?

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. Esto se debía a que el principal problema a resolver eran las posibles economías de escala que se podrían derivar de fusiones de operadores atomizados en Estados Unidos y la existencia de operadores públicos y privados con variados niveles de desempeño.

Hayes (1987) halla que los costos de la industria se podrían reducir si se permitiera a las empresas fusionarse, siempre y cuando no superasen el umbral de producción de 18,9 millones de m3 al año.

Kim y Clark (1988) encuentran economías de escala constantes en la operación para toda la muestra ((1/E) = 0,99). Las empresas pequeñas muestran marcadas economías de escala ((1/E)

= 1,33) mientras que las empresas grandes tienen moderadas deseconomías de escala ((1/E) = 0,88). Se encuentran considerables economías de escala para la provisión de agua a usuarios no residenciales y deseconomías para usuarios residenciales. Existen economías de alcance cuando se agregan los servicios a usuarios residenciales y no residenciales.

Kim (1987) encuentra evidencia de deseconomías de escala para proveer a clientes residenciales y economías de escala en abastecer a los no residenciales.

Bhattacharyya et al. (1994) concluyen que las empresas públicas son más eficientes que las privadas y existen economías de densidad de producto de 1,18 para empresas públicas y 1,16 para privadas.

Bhattacharyya et al. (1995) concluyen que las economías de densidad de producto son de 1,25 para las empresas privadas y 0,93 para las empresas públicas, y que existen economías de escala sólo para las empresas privadas.

Renzetti (1999) analiza las economías de escala para los servicios de agua y saneamiento de 77 empresas municipales proveedoras de agua y de recolección y tratamiento de aguas servidas de Ontario (Canadá) en el año 1991 y encuentra que las economías de densidad de producto para la provisión de agua potable son de 1,25 para usuarios residenciales y 1,46 para no residenciales, mientras que las economías de densidad de producto para los servicios de saneamiento son de 1,36.

Garcia, Moreaux y Reynaud (2007) toman una muestra de 233 empresas verticalmente integradas y 15 distribuidoras de agua para el período 1997 a 2000 y estiman las economías de densidad de producto, densidad de cliente, de escala y alcance. Observan que la suma de los costos marginales de producción y distribución de las empresas desintegradas es superior a los de las empresas integradas. Por otro lado, que los costos medios variables se encuentren por encima de los costos marginales indica la presencia de economías de densidad de producto. Encuentran que las ganancias de integración vertical se agotan en los 2.4 miles de m3.

Shih et al (2004), usan una base de datos para 1995 y 2000 en Estados Unidos (Community Water Survey) para hallar economías de escala al nivel de todos los costos, como al nivel de componentes individuales del costo. Hallan un (1/E) de 1,16.

Wolff y Hallstein (2005) muestran que la Lansing Michigan Board of Water and Light consiguió grandes economías de escala en sus operaciones centrales a través de combinar contratos minoristas a la gestión de otras operaciones, contratos mayoristas a la reventa de agua y activos transferidos desde otras municipalidades al Board. Otras funciones, como la distribución de agua, permanecieron en el ámbito de las comunas. Lo mismo un proyecto en Minnesota permitió a las municipalidades de Saint Michael, Albertville y Hanover beneficiarse de economías de escala capturadas por una empresa privada que servía a las tres localidades.

Torres y Morrison (2006) exhiben resultados que indican que la consolidación de pequeñas empresas podría ser beneficiosa, dependiendo de las características de expansión de las redes. Para las empresas de agua más chicas, la consolidación o fusión de firmas que también aumente el tamaño de la red podría ser económicamente beneficiosa o al menos no debería aumentar los costos medios de producción, dado que las economías de volumen son suficientes para compensar las deseconomías asociadas con la expansión de la red. Para las empresas medianas o grandes, las economías de volumen no alcanzan a compensar los efectos de la integración vertical y espacial.

V. Inglaterra: ¿fusionar sistemas ya grandes?

Durante la década de los 1990s la agenda de investigación se desplazó a Inglaterra y Gales a partir del proceso de privatizaciones de 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 los años siguientes hubo 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.

Lynk (1993) usa el análisis de fronteras estocásticas para determinar la eficiencia de las empresas multiproducto y especializadas con datos previos a la privatización y encuentra evidencia de economías de alcance en la producción de agua, cloacas y servicios ambientales.

Lynk (1995), estima una función de costos multiproducto para testear la existencia de economías de escala y alcance en las autoridades regionales previas a la privatización y encuentra significativas evidencias de economías de alcance entre la provisión de agua o saneamiento y los servicios ambientales, dado que el término de interacción entre agua y saneamiento es estadísticamente significativo.

Cubbin y Tzanidakis (1998) comparan resultados usando DEA y econometría para medir la eficiencia relativa de las compañías en el período 1994-95. El análisis se limita a la consideración de gastos de distribución. Se encuentra evidencia de economías de escala y diferencias significativas de resultados entre las dos metodologías.

Ashton (1999) mira tanto a economías de escala de empresas especializadas en agua en el período 1990-96 en Inglaterra y Gales. La especificación de costos variables permite medidas de economías de escala de corto y largo plazo. El estudio halla evidencia de deseconomías de escala para las empresas sólo de agua. También se encuentran significativas deseconomías de utilización del capital y bajos niveles de utilización de la capacidad.

Saal y Parker (2000 y 2001) hallan deseconomías de escala. La estimación de elasticidad de escala es siempre significativamente menor que 1. El estudio también destaca la importancia de considerar la calidad en el análisis de los costos de la industria del agua.

Strategic Management Consultants (2002) concluye que las economías técnicas de escala se diluyen a partir de las 400.000 conexiones.

Indepen (2002) cuantifica en valores presentes estimaciones de ahorros que se pueden generar a través de fusiones entre compañías de agua. Tales ahorros se atribuyen a economías de escala. Se argumenta que adicionales ahorros pueden conseguirse mediante la transferencia de mejores prácticas por fusiones. Descansan en la evidencia del mercado eléctrico.

Bottasso y Conti (2003), analizan la evolución de la ineficiencia en los costos operativos de las empresas de agua y saneamiento de Inglaterra y Gales para el período 1995-2001. Se encuentran economías crecientes de densidad de producto, dependiendo de la especificación del modelo, de 1,295 a 2,031. Por otra parte, a medida que aumenta el tamaño de las empresas, las economías de densidad de producto se van reduciendo. En el corto plazo, se observa que las economías de escala son crecientes para las firmas más chicas con valores entre 1,45 y 1,73 mientras que se vuelven constantes a medida que aumenta el tamaño de las empresas. Como conclusión de política señalan que sólo las empresas pequeñas podrían generar reducciones de costos en el corto plazo. Para el largo plazo, las economías de densidad de producto son mayores a uno (en algunos casos no significativo) y en promedio, decrecen con el tamaño; las economías de largo plazo sugieren una forma de U de los costos medios variables con relación al tamaño. Como resultado encuentra la existencia de economías de alcance entre las prestaciones de agua y saneamiento.

Stone & Webster Consultants (2004) sugieren que hay evidencia de deseconomías de escala para las empresas de ambos servicios, pero declinantes a lo largo del período muestral. Asimismo, la integración de servicios de agua y saneamiento está asociada con deseconomías de alcance. Hay respaldo para la integración vertical de la provisión de agua. No hay evidencia de que las fusiones en la industria del agua hayan afectado los costos subyacentes de la industria. Los rankings de costos operativos de Ofwat muestran deterioro en niveles de eficiencia relativa por encima de 2,5 millones de conexiones.

Saal y Parker (2005) estiman las economías de densidad de producto a lo largo de cambios en los regímenes regulatorios controlando por diferencias en la eficiencia técnica, la densidad de las redes, la cantidad de pozos, la calidad del agua y la fusión de las compañías. El resultado que encuentran para la media muestral es que no existen economías de densidad de producto.

Bottasso y Conti (2009), al igual que Ashton (1999), realizan una estimación de los costos variables de las empresas solamente prestadoras de agua potable para el período 1995 a 2005. En este caso, el objetivo es determinar las economías de escala y el cambio tecnológico operado en ese lapso. Las estimaciones realizadas sugieren la existencia de economías de densidad de producto y usuarios no explotadas y pequeñas economías de escala que aumentan a medida que crece la densidad poblacional. En opinión de los autores se podrían esperar ahorros de costos moderados de fusiones prudentes; y sobre el particular, los beneficios derivados de las fusiones deberían ser más altos en las áreas más densamente pobladas. Las estimaciones establecen que aun las compañías relativamente grandes, podrían obtener pequeñas economías de escala. Un aumento en un 1% en el volumen, el área y los usuarios tendería a aumentar los costos variables en cerca del 0,90% en el largo plazo implicando unas economías de escala de 1,11.

VI. ¿Redimensionar con la idea de Escala Mínima Eficiente?

Luego el interés de la literatura de economías de escala pasó a otros países, donde el servicio era atomizado y con el uso de nuevas técnicas econométricas y desarrollos en teoría de la regulación, se estudió la posibilidad de agregarlos.

Fabbri y Fraquelli (2000) buscan determinar la estructura de costos de la industria del servicio de agua potable en Italia, para esto ensayan distintas formas funcionales y analizan el efecto de la incorporación de variables ambientales. Los autores encuentran que las variables hedónicas son relevantes y la forma trans-logarítmica superior a la Cobb-Douglas. Con relación a las economías de escala, encuentran para la media muestral economías constantes a escala.

Antonioli y Filippini (2001) buscan determinar cómo es la estructura de costos de las empresas distribuidoras de agua en Italia y consecuentemente la existencia de economías de escala y alcance. Dado que las economías de escala se estiman en 0,95, los resultados sugieren la presencia de deseconomías de escala débiles. Por el contrario, existen economías de densidad de producto y de usuarios estimados en 1,46 y 1,16, respectivamente. Por lo tanto, no recomiendan la fusión de empresas porque el aumento del tamaño de las redes aumenta los costos más que proporcionalmente.

Fraquelli y Moiso (2005) investigan cuánto ha mejorado la prestación del servicio de agua y saneamiento a partir de las reformas aplicadas en Italia, donde la industria del agua y saneamiento era muy fragmentada e ineficiente. Las reformas consistieron en el diseño de Ámbitos Territoriales Óptimos para la prestación, con la idea de aglomerar en unidades económicamente eficientes a pequeños prestadores, sobre una base regional. El trabajo encuentra

que existen economías de densidad de producto para todos los tamaños de empresas y, la magnitud de tales economías de densidad están inversamente relacionadas con el volumen de agua despachado. Teniendo en cuenta esto, y calculando las economías de escala para las distintas empresas, los autores encuentran que las economías de escala son mayores a uno y en términos decrecientes hasta los 90 millones de m^3 por día (aproximadamente 1 millón de habitantes).

Garcia y Thomas (2001) examinan la estructura de costos de empresas de agua potable municipales de Francia. Como conclusión general encuentran que las fusiones entre distritos son rentables. Los retornos estimados para la media muestral señalan que existen economías de densidad de producto (1,14) así como densidad de usuarios (1,05) y que en el largo plazo las economías de densidad son (1,21) mientras que para las economías de densidad de usuarios las mismas se pierden (0,87). Las economías de escala de largo plazo se estiman en 1,002.

Kim y Lee (1998) realizan un estudio en el que buscan analizar los efectos económicos de la integración espacial de los servicios de agua domiciliarios a partir de las economías de escala en Corea del Sur. El trabajo encuentra evidencia de economías de escala para el tamaño medio de las empresas de la muestra. No obstante, cuando se descomponen por ciudades se observan deseconomías de escala en cuatro ciudades, retornos constantes en doce y retornos crecientes en doce empresas.

Mizutani y Urakami (2001) estudian las economías de densidad de redes y de escala en la prestación de agua potable en Japón. Los resultados indican que existen leves deseconomías de escala en el punto medio de la muestra y que el tamaño óptimo de las empresas es de 776.000 habitantes. A su vez concluyen que existen economías de densidad de redes pero no economías de escala.

Sauer (2005) estudia la estructura de costos de agua rural provista en Alemania. Encuentra que el tamaño óptimo de las empresas de agua potable en términos de población es de 66.000 habitantes y un total de 3.6 miles de m^3 al año. En el trabajo, la escala óptima se presenta en cantidad de conexiones por km de red y se establece que el mínimo se encuentra en 23 conexiones por km de red y que a partir de 36 comienzan las deseconomías de densidad de clientes. Esto implicaría la que existencia de una forma de "U" en los costos.

Martins, Coelho y Fortunato (2006a) estudian 218 empresas municipales de prestación de agua y saneamiento de Portugal en 2002. Los autores concluyen que existen economías de escala para las empresas pequeñas y medianas pero no para las empresas grandes. Sobre el particular, para las empresas medianas la economía de escala de densidad de producto es de 1,327 cuando se considera de manera conjunta la producción de agua residencial, no residencial y pérdidas. Dado que la escala media de las empresas es de 2.5 miles de m^3 al año y el tamaño óptimo es de 7.6 miles de m^3 recomiendan a las empresas pequeñas fusionarse si es posible.

Martins, Coelho y Fortunato (2006 b) sobre una base ampliada de Martins, Coelho y Fortunato (2006a) para 282 empresas municipales (249 prestadoras de agua y saneamiento, 16 prestadoras sólo de agua y 17 sólo de saneamiento) analizan la existencia de economías de escala y alcance entre la provisión de agua potable y la recolección de aguas servidas con el objetivo de considerar eventuales fusiones de servicios y entre empresas. Los resultados indican que la escala de producción media se encuentra por debajo de la escala mínima eficiente, mientras que las empresas más grandes presentan deseconomías de escala y alcance. Hay modestas economías de alcance para la producción conjunta de agua potable y alcantarillado hasta un determinado punto, esto sugiere que las empresas pequeñas podrían encontrar beneficioso fusionar los servicios.

El objetivo de Baranzini et al. (2008) es determinar la eficiencia de las empresas prestadoras de agua potable en Suiza explotando una base de datos de 330 empresas que

representan el 55% del agua potable distribuida en Suiza, y la base se expande a lo largo de 6 años. Las economías de escala de corto plazo son de 1,56 mientras que las economías de escala de largo plazo son de 1,22.

Revollo Fernandez y Londoño (2008) estudian las economías de escala y alcance en los servicios de agua y saneamiento en Colombia con el propósito de considerar fusiones o escisiones de empresas prestadoras. Dentro de los resultados se destaca lo siguiente: el servicio de agua potable presenta economías de escala tanto de corto como de largo plazo 1,69 y 1,31, respectivamente; el servicio de alcantarillado presenta economías de escala 1,82 y 1,61, respectivamente. Existen economías de escala de corto y largo plazo tanto en agua potable como en alcantarillado para las empresas clasificadas como pequeñas y medianas (hasta 100.000 suscriptores); en el caso de las empresas grandes, en general, se presentan deseconomías de escala a corto y largo plazo; el nivel de producto asociado a economías constantes a escala correspondería a los 28 millones de m^3 equivalente a 149.572 suscriptores. Con relación a las economías de alcance se encontró que un aumento en la producción de uno de los productos, disminuye el costo variable total de producción de ambos productos.

Filippini, Hrovatin y Zoric (2008) estiman las economías de escala y el grado de eficiencia para una muestra de 52 empresas distribuidoras de agua potable de Eslovenia en el período 1997-2003. En función de la muestra analizada, el tamaño óptimo de las empresas prestadoras se encuentra en torno de la mediana muestral; implicando que las economías de escala se encuentran en las firmas de tamaño pequeño mientras que las grandes tienen deseconomías de escala. Cuando se desagregan las empresas en función del tamaño se observa que las economías de densidad de producto y de densidad de clientes se encuentran presentes en los tres tipos de tamaño. Las economías de escala también están presentes en las empresas de tamaño medio. Por otro lado, las empresas más grandes de la muestra parecen haber agotado las economías de escala.

Frone (2008), investiga algunas cuestiones relacionadas con la oportunidad de regionalizar los servicios, agregando varios pueblos para la provisión de agua y saneamiento, así como algunas características particulares y desafíos para el sector en Rumania. Elabora también una guía estratégica para la operación regional de los servicios de modo que se provean en un área que cubra al menos poblaciones equivalentes a 100.000 habitantes.

De Witte y Dijkgraaf (2007) utilizan técnicas paramétricas y no paramétricas para determinar los efectos sobre la eficiencia de fusiones en el sector junto con aplicación de benchmarking a nivel nacional de los Países Bajos. No hay evidencia significativa que las fusiones hayan implicado un aprovechamiento de las escalas. Los autores concluyen que el benchmarking ha generado mejoras de eficiencia y, por el contrario, las fusiones no han mejorado la eficiencia o las economías de escala.

El cumplimiento de las nuevas regulaciones suele ser un costo fijo que se diluye con la escala de operación. García Valiñas (2007) señala que las políticas ambientales de la Unión Europea se han orientado hacia la homogenización de las preferencias de los habitantes con relación a la calidad del agua y la promoción de un uso racional de los recursos para disminuir la presión sobre el medioambiente y los recursos naturales. Esto está forzando a los distintos países a adaptar estas nuevas regulaciones. En el caso de España, demuestra que la centralización de las políticas ambientales es superior a la descentralización porque generan mayores niveles de utilidad y mayor calidad y disponibilidad del agua que en el caso de la descentralización.

En este punto, Prieto et al. (2009) encuentran para la junta de Castilla y León en España economía de escalas del orden de 1,48 para el caso de la provisión de agua potable y de 1,33 para

un total de 2.197 y 1.295 municipios, respectivamente. Los autores concluyen que los tamaños óptimos superan ampliamente a los tamaños medios observados.

VII. Estudios transfronterizos

Como se señalara anteriormente, las comparaciones a través de los países han sido escasas debido a que los datos por lo general no son muy homogéneos y la precisión de los datos para trazar medidas de políticas relevantes es menor.

Tynan y Kingdom (2005), concluyen que los proveedores de agua pueden operar más efectivamente en un rango de tamaños, con lo cual algunos sistemas relativamente pequeños pueden estar obteniendo significativas economías de escala. Tynan y Kingdom (2005) muestran que ciertos proveedores, particularmente aquellos sirviendo una población de 125.000 o menos pueden reducir sus costos operativos por cliente incrementando su escala de operación. El estudio cubre 33 países y 83 empresas en África, 26 empresas en Indonesia, 41 en Perú, 64 en los Estados Unidos y 56 en Vietnam. Sugieren que hay economías de escala en términos del volumen de agua provista, pero la comparación sobre el número de conexiones o clientes indica resultados inconsistentes.

Nauges y van den Berg (2007), examinan las economías de escala para los servicios de agua potable y saneamiento en empresas de cuatro países: Brasil, Colombia, Moldavia y Vietnam. Para esto utilizan un panel desbalanceado de International Benchmarking Network (IBNET) de los años 1996 a 2004. Los resultados encuentran que para la firma de tamaño medio existen economías de escala a lo largo de los países con excepción de Brasil.

Nauges y van den Berg (2008) realizan un trabajo similar a Nauges y van den Berg (2007), con resultados similares, pero ampliando la muestra de países de 4 a 14

VIII. Síntesis y conclusiones

El servicio de agua y saneamiento presenta características particulares: monopolio natural local, avance tecnológico lento, mercados difícilmente desafiables, alta sensibilidad política y social, y pocos incentivos para la participación privada. Estos factores han generado distintos arreglos institucionales que no siempre han respondido a cuestiones de eficiencia. Para aumentar la eficiencia en el sector un probable camino sea el aprovechamiento de las economías de escala. Por este motivo, es que resulta relevante estudiar las economías de escala en la provisión de agua y saneamiento.

Del análisis de los diferentes estudios recopilados se observa que las motivaciones para llevarlos a cabo han sido diferentes. Los primeros estudios en Estados Unidos se vinculan con la excesiva atomización del sector en ese país y la discusión público/privado. Posteriormente en Inglaterra, la preocupación se orientó en investigar las posibles ganancias de eficiencia por la mayor escala resultante de las fusiones. En países de Europa Continental se percibe la preocupación por la búsqueda de escala mínima eficiente en la prestación. Finalmente, en años recientes han aparecido estudios transfronterizos, impulsados por organismos internacionales, a partir de grandes bases de datos.

Los estudios recopilados, referidos a un conjunto grande de países, arrojan economías de escala (en diversos países con diferentes situaciones) en poblaciones cubiertas por entre 100 mil, hasta cerca de 1 millón de habitantes (en algunos casos se extiende a varios millones), o con

densidades poblacionales de hasta 250 habitantes por kilómetro de red, o con volúmenes entregados a la red de 70 millones de m3 al año. Con poblaciones, volúmenes o densidades mayores, empiezan primero los rendimientos constantes a escala y posteriormente las deseconomías de escala; con valores menores, hay ahorros de costos por aglomerar.

Asimismo, dadas las distintas motivaciones para realizar los estudios, los trabajos difieren en las definiciones de economías de escala. Por este motivo, deben tenerse presente las definiciones de economías de densidad de producto, de densidad de habitantes y de densidad de redes y ser cuidadoso en la extrapolación de resultados.

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).

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. 13th 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).

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.

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.

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.

Christensen, Laurits, Dale Jorgenson y Lawrence Lau (1973). "Transcendental Logarithmic Production Frontiers". The Review of Economics and Statistics, MIT Press, vol. 55(1).

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.

Ferro, Gustavo y Emilio Lentini (2019). Economías de escala en los servicios de agua potable y saneamiento. Futura Publicación por CEPAL.

Filippini, Massimo, Nevenka Hrovatin y Jelena Zoric (2008). Cost Efficiency and Economies of Scale of Slovenian Water Distribution Utilities: An Application of Panel Data Sthocastic Frontier Methods. Journal of Productivity Analysis. Vol 29, Issue 2 (April).

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. Dipartamento 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 Italian 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. Dipartamento 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).

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.

Garcia-Valiñas, María (2007). "What level of decentralization is better in an environmental context? An application to water policies." Environmental & Resource Economics, European Association of Environmental and Resource Economists, vol. 38(2), October

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. y E. Lynk (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.

Kim, E. y H. Lee (1998). "Spatial Integration of Urban Water Services and Economies of Scale". Review of Urban and Regional Development Studies, 10(1).

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 Nº 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. 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". 16th 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.

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.

Prieto, Ángel; José Zofio; Inmaculada Álvarez (2009). "Economías de escala, densidad y alcance en la provisión pública de infraestructura básica municipal". Hacienda Pública Española, 2009; 3 (190).

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. (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.