



Munich Personal RePEc Archive

Efficiency in water and sanitation providers and its links with regions, property, and independence in Brazil

Gustavo Ferro and Emilio J. Lentini and Augusto C. Mercadier and Carlos A. Romero

Instituto de Economía UADE and CONICET, Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua, Instituto de la Universidad de Buenos Aires (UBA), y Grupo Internacional de Investigación “La Gobernanza del Agua en las Américas (CNRS/Francia-UBA), UNLP, Instituto de Economía UADE

11. July 2013

Online at <http://mpra.ub.uni-muenchen.de/48247/>

MPRA Paper No. 48247, posted 13. July 2013 18:15 UTC

Eficiencia en la prestación de agua y saneamiento y su vinculación con regiones, propiedad e independencia de los prestadores en Brasil

Gustavo Ferro¹, Emilio J. Lentini², Augusto C. Mercadier³ y Carlos A. Romero⁴

9442 palabras

Abstract

The purpose of this paper is to assess comparative efficiency in water and sanitation sector in Brazil. We run a Stochastic Frontier Analysis model for a panel of 127 providers, covering more than 70% of urban population of the country. We search and find an explanation for cost efficiency, and we explore its interrelations with regions, property and independence of the providers. We use a database built on the SNIS (National System of Sanitation Statistics) to run a SFA cost model. We add to the formula, environmental and institutional variables, trying to capture differences in costs and efficiency attributable to the ambience of operation. We achieve a satisfactory model, showing a modest efficiency average, and we could patterns, even not well defined. The study has policy implications, in the discussion state-run versus municipal-run, public versus private, and corporitized versus dependent providers. The optimal industrial organization of the sector can be analyzed since the efficiency perspective.

Key words

Efficiency, water and sanitation, Brazil

Palabras claves

Eficiencia, agua y saneamiento, Brasil

1. Introducción

Desde principios del siglo XX, la prestación de los servicios estuvo organizada en Brasil de manera muy diversa, incluyendo empresas públicas municipales y privadas multiservicios en ciudades importantes. En 1971 se estableció el Plan Nacional de Agua y Saneamiento (PLANASA) para regir el planeamiento, la inversión y las políticas tarifarias y de crédito del sector. Su principal objetivo era elevar la cobertura de los servicios de agua y saneamiento en todos los centros urbanos. En esta etapa fueron creadas compañías regionales de jurisdicción estadual, sustituyendo el modelo de prestación municipal. Aunque el PLANASA se disolvió en 1992, esa organización industrial del sector se ha mantenido hasta la actualidad, es decir, se ha evolucionado desde un sistema descentralizado y municipal a uno centrado en compañías regionales de carácter estadual que conviven con prestadores municipales y microrregionales pequeños.

De acuerdo con la Constitución brasileña de 1988, sin embargo, la provisión de los servicios de agua potable y saneamiento es de competencia municipal, aunque la realidad es que cerca del

¹ Instituto de Economía UADE y CONICET. gferro@uade.edu.ar. Lima 717, (1073) Buenos Aires, Argentina. Teléfono: 54-11-40007692.

² Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua, Instituto de la Universidad de Buenos Aires (UBA), y Grupo Internacional de Investigación “La Gobernanza del Agua en las Américas (CNRS/Francia-UBA), ejlentini@yahoo.com.ar.

³ Universidad Nacional de La Plata, amercadier@econo.unlp.edu.ar.

⁴ Instituto de Economía UADE, romero@uade.edu.ar.

75% de la población del país está abastecida de agua potable por las 27 compañías estatales que agrupan, cada una de ellas, a la mayor parte de los 5,500 municipios en que se dividen los respectivos Estados. Un poco menos de 4,000 municipios celebraron contratos de concesión hacia las compañías estatales, que prestan los servicios a unos 110 millones de habitantes urbanos. Hay unos 580 operadores locales (en su mayoría, municipales), de menor escala y atomizados, que en su conjunto atienden a casi 40 millones de habitantes urbanos (además, existen muchos otros prestadores de pequeño tamaño, “microrregionales”) (Vergès, 2010 a y b). La Constitución entonces estableció jurisdicción legal municipal, aunque Planasa había procurado aglomerar el sector y éste se agrupó de hecho. En 2007 se sancionó la Ley de Saneamiento Básico N° 11,445 que fijó las directrices nacionales para el sector como marco general para que cada Estado definiera en forma específica su respectiva política de implementación, creando instrumentos de control social y dándole institución a la figura de la regulación. En 2012 existían 23 agencias reguladoras de jurisdicción estadual con competencia legal para actuar en el sector de saneamiento básico, aunque la mayoría también supervisan otros servicios públicos (ABAR, 2012).

En la Ley de Saneamiento Básico se prevé la posibilidad para los municipios de organizarse en consorcios para la prestación regionalizada de los servicios de agua y saneamiento. El motivo de esto es que las empresas municipales no tienen, por razones de escala, capacidad para cumplir con los objetivos de universalización de los servicios. Esta disposición legal le da un paraguas a la situación que ya se ha operado en la realidad a nivel de prestación.

A nivel práctico, la elección por prestación regional o municipal se vincula con un análisis costo/beneficio de las alternativas. La aglomeración de prestadores municipales en uno regional suma economías de escala, aunque hay decisiones de escala óptima por considerar (hasta donde aglomerar). Del mismo modo, la decisión de tener una empresa independiente de la estructura administrativa, con una contabilidad separada, tiene pros y contras, desde el punto de vista de una prestación eficiente. En prestadores municipales pequeños, por ejemplo, el prestador puede estar incorporado en un departamento del municipio, y compartir costos comunes con el municipio (empleados, edificios administrativos, vehículos, etcétera), a la vez que las tarifas pueden contener subsidios a los usuarios que se financian de otras tasas municipales. Este tipo de situaciones no pueden identificarse explícitamente en la base de datos utilizada. En forma alternativa, la prestación se puede hacer a través de una empresa pública (pero independiente del municipio y con recursos propios), o a través de un prestador privado. Los prestadores públicos independientes pueden incorporar gerenciamiento profesional y prácticas empresariales, reducir la posibilidad de captura política y ofrecer tarifas más en línea con los costos. Mientras que las empresas privadas, tienen además de los anteriores, un fuerte incentivo a reducir los costos para aumentar sus beneficios.

Dado el heterogéneo cuadro anterior, el objetivo de este trabajo es determinar la eficiencia relativa de los prestadores de agua y saneamiento en Brasil, a la luz de la organización industrial existente del sector, y tener una primera respuesta a las siguientes preguntas:

- ¿Difieren los niveles de eficiencia y las estructuras de costos de las empresas regionales, de aquellas locales o microrregionales?,
- ¿La independencia corporativa de las empresas, impacta en los costos?
- ¿La prestación privada, incide en los costos?
- ¿Cómo se diferencia en los costos el hecho que algunas empresas presten servicios de agua y saneamiento, en tanto otras sean sólo de agua?,
- ¿Hay distintos costos entre diferentes regiones del país?,

- La ineficiencia ¿es constante o se ha reducido en el tiempo?

Todas las respuestas son importantes para discutir la configuración óptima de la organización industrial del sector. Si se encontrara que las empresas regionales e independientes son más eficientes, habría argumentos para sostener la conveniencia de la aglomeración y la corporitización de las empresas. Podría ocurrir que no fueran más eficientes, sino que los costos fueran simplemente más bajos por escala o porque parte de los costos están diluidos en las administraciones municipales, por ejemplo, para el caso de prestadores que no tienen independencia jurídica y contable.

Si se encontrara que las empresas privadas son más eficientes o tienen costos menores que las públicas, se podrían identificar las prácticas de negocios que llevan a esos resultados.

La prestación conjunta de servicios de agua y saneamiento permite compartir costos comunes y lograr economías de alcance, pero la adición del servicio de alcantarillado aumenta por se los costos. El efecto neto de estos dos efectos contrapuestos será analizado.

Las regiones de Brasil tienen diferente nivel de desarrollo y de costo de vida, y eso se podría reflejar en las estructuras de costos de las empresas cuando se las compara en el espacio geográfico.

Por último, el sector ha tenido importantes inversiones en los últimos años y ha expandido cobertura. Interesa ver si al crecer el sector lo ha hecho también la eficiencia en la prestación, dado que parte de la inversión ha sido en modernizar tanto planta e instalaciones como sistemas administrativos y comerciales.

El método al que se recurrirá es el análisis de frontera estocástica, y se aprovechará la valiosa información acumulada en el Sistema Nacional de Informaciones sobre Saneamiento (SNIS) que se releva hace muchos años en Brasil, tiene amplia cobertura geográfica e información detallada y homogénea.

Tras esta introducción, la sección 2 releva antecedentes, la 3 se refiere a método, modelo y datos,

2. Antecedentes

El conjunto de 42 estudios sobre eficiencia en agua y saneamiento que previamente recopilaron y analizaron Berg y Marques (2010), Abbott y Cohen (2009) y Walter, Cullmann, von Hirschhausen, Wand y Zschille (2009), más varios trabajos recientes, en idioma español o portugués no abarcados por los estudios anteriores, puede ser agrupado por campos de aplicación (motivaciones) y resultados alcanzados. Así, hay relevados artículos que procuran:

- Comparar niveles de calidad, como los de Marques y Monteiro (2003), Saal y Reid (2004), Woodbury y Dollery (2004), Lin (2005), Dijgraaf, Van Der Geest y Varkevisser (2006), Picazo-Tadeo, Sáez-Fernández y González-Gómez (2008);
- Discernir la eficiencia relativa de prestadores públicos versus privados, como Feigenbaum y Teeple (1983), Estache y Rossi (1999), Estache y Rossi (2002), Renzetti y Dupont (2003), Kirkpatrick, Parker y Zhang (2004);
- Determinar y calcular economías de escala, como los de Mobbs y Glennie (2004), Shih, Harrington, Pizer y Gilligham (2004), Fraquelli y Moiso (2005), Coelli y Walding (2006), Gupta, Kumar y Sarangi (2006), Martins, Fortunato y Coelho (2006), Saal, Parker y Weyman-Jones (2007), Filippini, Hrovatin y Zoric (2008), Revollo Fernández y Londoño (2008), Sabbioni (2008), Munisamy (2009), De Witte y Dijgraaf (2010), Ferro, Lentini, Mercadier y Romero (2010), Horn y Saito (2011);

- Detectar y medir economías de alcance, Mobbs y Glennie (2004), Martins, Fortunato y Coelho (2006), Revollo Fernández y Londoño (2008),
- Contestar preguntas sobre aspectos regulatorios, tal el caso de Botasso y Conti (2003), Kirkpatrick, Parker y Zhang (2004), Saal y Reid (2004), Tupper y Resende (2004), Fraquelli y Moiso (2005), Dijgraaf, Van Der Geest y Varkevisser (2006), Martins, Fortunato y Coelho (2006), Erbeta y Cave (2007), Saal, Parker y Weyman-Jones (2007), Guder, Kittlaus, Moll, Walter y Zschille (2009), De Witte y Dijkgraaf (2010), Ferro y Romero (2011), Ferro, Romero y Covelli (2011).

La metodología más utilizada es el enfoque econométrico (SFA) en un 52 por ciento de los trabajos analizados. En segundo lugar, se encuentra el enfoque de programación matemática con un 22 por ciento del total de estudios, y en tercer lugar, un 17 por ciento utilizan ambos enfoques. Los estudios orientados a costos son los más utilizados, siendo un 55 por ciento de los analizados, en tanto los de producción son un 40 por ciento y un conjunto del 5 por ciento que utiliza ambas orientaciones.

En la gran mayoría de los estudios paramétricos que se han analizado, se utilizan las formas funcionales Cobb-Douglas en logaritmos o una forma más flexible Translogarítmica o Translog (polinomio que anida a la Cobb-Douglas, suma de coeficientes lineales en logaritmos, sumando algebraicamente además términos que recogen interacciones o efectos cruzados entre los distintos pares de variables independientes que se puedan formar y términos cuadráticos).

Se presentan a continuación los antecedentes específicos de estudios referidos a fronteras de eficiencia en agua y saneamiento para Brasil⁵.

Tabla 1: Antecedentes de estudios de fronteras de eficiencia en agua y saneamiento para Brasil

Autores	Prestadores	Período	Técnica	Enfoque	Variables de Insumos y Precios de Insumos	Variables de Costos	Variables de Productos	Variables ambientales
Faria, Souza & Moreira (2005)	279	2002	SFA	Producción	Red, Personal		Volumen entregado	Dummy empresa pública, Dummy Región Norte, Dummy Región Noreste, Dummy Región Centro-Este, Dummy Región Sudeste, Dummy Región Sur
Sabbioni (2007)	280	2002	SFA	Costos	Salario	OPEX	Volumen producido, Volumen de alcantarillado colectado, Personas servidas con agua, Personas servidas con alcantarillado, Conexiones de agua, Conexiones de alcantarillado	Dummies por región, Dummy si compran agua en bloque, Densidad de población servida, Volumen micromedido, Promedio de consumo por hogar,

⁵ En apéndice se reseña en forma tabulada un metaestudio de 42 trabajos que analizan la eficiencia en el sector de aguas y saneamiento.

Autores	Prestadores	Período	Técnica	Enfoque	VARIABLES DE INSUMOS Y PRECIOS DE INSUMOS	VARIABLES DE COSTOS	VARIABLES DE PRODUCTOS	VARIABLES AMBIENTALES
Sabbioni (2008)	1200	2000 - 2004	SFA	Costos		OPEX	Volumen producido, Conexiones	Red, Porcentaje de población urbana, Volumen micromedido, Proxy de calidad (Fluorización), Dummy de alcantarillado, Dummy por Región
Tupper & Resende (2004)	20	1996 - 2000	DEA y SFA	Producción	Costos Laborales, OPEX, Otros costos de operación		Volumen, Tratamiento de alcantarillado, Población servida con agua, Población servida con alcantarillado	Densidad de red de agua, Densidad de red de alcantarillado, Pérdidas de agua
Souza, Faria & Moreira (2008)	342	2002 - 2004	SFA	Costos	Precio capital, Salario	Costo total	Volumen	Dummy empresa privada, Dummies regionales
Campos (2011)	23	1998-2008	SFA	Costos	Salario, precio de capital fijo, de la energía, de servicios de terceros, medio de otros gastos de exploración.	Costo total	Agua producida y alcantarillado colectado	Población servida con agua y saneamiento, extensión de redes de distribución de agua y saneamiento, volúmenes de agua y saneamiento tratado y total de municipios atendidos.

Fuente: Elaboración propia

3. Método, modelos y datos

3.1 Método y modelos

Se efectuaron estimaciones econométricas en panel bajo la técnica SFA para calcular los modelos de costos. Fueron exploradas especificaciones Cobb-Douglas y Translogarítmicas⁶, y se testeó la forma funcional.

⁶ Dado que la verdadera forma funcional no se conoce, se la debe suponer. En los casos prácticos las elecciones se fundan en criterios implícitos o explícitos donde se ponderan diferentes aspectos de las funciones. Zoric (2006) enumera una serie para ser tenidos en cuenta a la hora de elegir una determinada forma funcional.

En primer lugar, la forma funcional elegida debe ser consistente con la teoría económica, por ejemplo en el caso de las funciones de costos: (i) no decreciente en el producto, (ii) no decreciente y linealmente homogénea en el precio de los factores, y (iii) cóncava en el precio de los factores.

En segundo lugar, en ausencia de bases empíricas o teóricas sólidas para adoptar determinadas hipótesis sobre la verdadera forma funcional de la estructura de costos o producción, la representación elegida debería ser lo suficientemente flexible como para imponer la menor cantidad de restricciones.

En tercer lugar, los parámetros deberían ser fácilmente estimables a partir de los datos. Esto se mantiene para las formas funcionales lineales en los parámetros que permiten las técnicas de mínimos cuadrados. A su vez, la forma funcional debería insumir la menor cantidad de información posible ya que el consumo de parámetros podría derivar en un problema de multicolinealidad.

En cuarto lugar, la forma funcional debe ser consistente con hechos empíricos.

El modelo básico de costos responde a una fórmula del tipo $Y = Y(X_n)$, en la que X_n es el vector de variables indicativas de la producción física y los precios de los insumos, que explican los costos totales Y . Permite estimar eficiencia total (técnica y económica).

La formulación Cobb Douglas tiene la siguiente forma funcional:

$$\ln Y = \ln \beta_0 + \sum_{n=1}^N \beta_n \ln X_n \quad (1)$$

Donde Y es el costo total y X el vector de productos y precios de los insumos, y los β son los coeficientes a estimar a través de la econometría. El logaritmo de β_0 indica la constante (ordenada al origen) en la estimación.

La formulación translogarítmica, en tanto, sigue la forma:

$$\ln Y = \ln \beta_0 + \sum_{n=1}^N \beta_n \ln X_n + \frac{1}{2} \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M \beta_{nm} \ln X_n \ln X_m \quad (2)$$

Donde la notación tiene el mismo significado explicado en la Cobb-Douglas. Se agregan respecto a la formulación anterior, términos de interacción entre las variables (cuando n es diferente de m) y de influencias cuadráticas de las mismas (cuando n es igual a m). Como se advierte, los dos primeros términos del segundo miembro de la fórmula de la Translog coinciden con la Cobb Douglas, por eso se dice que la primera formulación anida la segunda. Hay pruebas estadísticas para determinar cuál es la mejor formulación.

A los modelos básicos anteriores se les incorporaron selectivamente variables ambientales (también llamadas de contexto, hedónicas o de control). Implican hacer más justas las comparaciones, explicando la heterogeneidad de situaciones que afectan a las empresas y no están bajo su control. La base utilizada permite el uso de casi todas las variables ambientales que han sido utilizadas en la literatura en trabajos que constituyen antecedentes a éste.

Los nuevos modelos son del tipo $Y = f(X_n, A_j)$, donde A_j es un vector de variables ambientales que resulten razonables a conocedores del sector en base a su experiencia de trabajo y a su vez resulten estadísticamente significativas para explicar incidencias en los costos.

A fin de estimar las fronteras de costos, se han estimado dos versiones:

- (i) con ineficiencia constante en el tiempo o time invariant (TI) y
- (ii) con ineficiencia variable en el tiempo o time varying decay (TVD).

En estos modelos el término de error se asume que tiene dos componentes. El primero, u , se asume que es estrictamente no negativo, y el segundo, v se supone que tiene una distribución simétrica, centrada en cero, dado que recoge el componente aleatorio. El primer término se conoce en la literatura como el término de ineficiencia y el simétrico como el error idiosincrático. En la version TI se asume que la ineficiencia tiene una distribución normal truncada mientras que en la parametrización de Battese-Coelli del efecto del tiempo, el término de ineficiencia es una variable aleatoria normal truncada multiplicada por una función específica del tiempo.

$$y_{it} = \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j x_{jit} + v_{it} - su_{it} \quad (3)$$

Aquí se tienen en cuenta dichas recomendaciones, se opta por estimar dos formas funcionales y testear eficiencia invariante en el tiempo versus la hipótesis contraria. Se aplican tests para determinar si la Translogarítmica anida o no a la Cobb Douglas, y si la eficiencia es constante, creciente o decreciente en el tiempo.

El término s asume el valor -1 en el caso de estar estimando una función de costos (y sería 1 en el caso de estimación de función de producción).

En el modelo TVD, $u_{it} = \exp \{-\eta(t - T_i)\} u_i$.

Donde T_i es el último período en el panel i , η es el parámetro de caída en el tiempo de la ineficiencia, $u_i \sim N^+(\mu, \sigma_u^2)$ es el parámetro de ineficiencia con distribución iid, $v_{it} \sim N(0, \sigma_v^2)$ es un error aleatorio con independiente e idénticamente distribuida.

Además, u_i y v_{it} se distribuyen independientemente de cada una y de las covarianzas del modelo. Si bien en los modelos TVD los niveles de eficiencia cambian en el tiempo, los mismos varían en igual proporción para todas las empresas, con lo cual no existen cambios en los rankings de un año a otro. Cabe aclarar, que la eficiencia aumenta (cae) en el tiempo cuando el coeficiente η es positivo (negativo).

3.2 Datos

Se inició la estimación de fronteras de costos con la base de datos del SNIS (Sistema Nacional de Informaciones sobre Saneamiento), para los años 2003 a 2010. Aquél es un interesante esfuerzo colaborativo que recoge muchos datos (físicos, demográficos, económicos, de calidad, financieros, etcétera, en total 140 variables) de unos 800 prestadores. La información, a su vez, ha ido mejorando con el paso del tiempo. La muestra no tiene todos los datos, de todos los prestadores, para todos los años. Se procedió a armar un panel estrictamente balanceado a partir de las variables seleccionadas. Para ello se tuvo en cuenta que a medida que se incorporaban años, aumentaban las chances de que empresas salieran de la muestra. Por otro lado, la posibilidad de incluir muchos años de una misma empresa permitía controlar la precisión de la información. Realizando este tipo de controles sobre los ocho años de cada una de las empresas fue que finalmente el panel se redujo a 127 prestadores, cubriendo entre el 71 y 72% de la población urbana que se encuentra entre los prestadores participantes del SNIS durante 2010. El panel balanceado también facilita el cotejo de resultados con los provenientes de técnicas alternativas, como el DEA.

Entre las firmas consideradas se encuentran empresas con alcance de su servicio tanto regional (cubriendo un estado o buena parte de él), como local (cubriendo un municipio dentro de un estado), o microrregional (cubriendo varios municipios dentro de un estado). Es posible encontrar empresas con alcance regional pequeñas y firmas con alcance local muy grandes. La muestra podría haber sido restringida de alguna forma, por ejemplo, a empresas de cierto tamaño en adelante o dejando solamente las regionales, o excluyendo las microrregionales, etcétera. Sin embargo, esa práctica alteraría la aleatoriedad de la muestra. En todo caso, si hay diferencias sistemáticas en el comportamiento de las empresas por su tamaño o naturaleza jurídica, se procuró intentar captarlas mediante variables dummy.

En esta caracterización, donde la variable dependiente son los costos operativos totales⁷, se consideraron como variables explicativas las habituales en el sector, surgidas del relevamiento de la literatura:

- Productos: clientes de agua y cobertura de saneamiento,
- Precios para los insumos físicos empleo (proxy del factor trabajo), kilómetros de red (proxy del factor capital) y electricidad (una materia prima relevante), confeccionados a

⁷ Todas las variables nominales han sido deflactadas por el índice IBGE/IPCA a valores de 2010.

partir de las aperturas de costos (salarios, electricidad y el resto), prorrateadas sobre las cantidades físicas utilizadas,

- Variables ambientales, una tendencia temporal y dummies institucionales, se incluyeron para testear aspectos específicos de la prestación.

Clientes de agua y de saneamiento como indicadores de producción captan mejor el hecho que se venden no sólo volúmenes de agua potable y desagote de líquidos de desecho (a veces con tratamiento), sino también servicios relacionados con la parte administrativa y comercial. Además, las pérdidas de agua potable en red son elevadas (35% en promedio para la muestra completa) y el agua de desecho es un múltiplo del agua potable que ingresa a los inmuebles. Por lo demás, las variables de clientes y de volúmenes tienen una correlación elevadísima. Por este motivo, se optó por incluir como productos la cantidad de clientes abastecidos con agua y el porcentaje de cobertura de saneamiento.

Sobre la construcción del precio de los insumos, se han seguido prácticas ampliamente difundidas en la literatura. El precio de la electricidad sale de prorratear los gastos en ese insumo por los kilowatts consumidos en ambos servicios. Ante la carencia de desagregaciones de empleados se estima un costo salarial promedio, lo mismo ocurre con el “capital”, dividiendo el resto de los costos operativos (que surge de restar a los totales los salariales y electricidad) y prorratearlo por la unidad física del capital, aproximada por los kilómetros de red.

En la Tabla 2 se detallan los nombres y definición de las variables y su obtención a partir de la codificación de las variables realizada por el SNIS.

Tabla 2: Variables incluidas en las estimaciones

Variables	Tipo de variable	Definición	Fórmula a partir de codificación SNIS
T_Cost	Dependiente	Costos operativos totales	Fn017
Cli_ag	Producto	Número de clientes de agua	Ag002
Cob_esg_e	Producto	% de Población atendida con esgoto/ población urbana de los municipios atendidos.	Es026/ge06b
P_l	Precio de insumo	Masa salarial/número de empleados propios de tiempo completo	Fn010/fn026
P_e	Precio de insumo	Precio promedio del kwh consumido (numerario)	Fn013/ag028
P_o	Precio de insumo	Costos excluyendo salarios y electricidad prorrateados por km de red de agua y alcantarillado	(Fn017-fn010-fn013) / (ag005+es004)
Dens	Ambiente	Número de conexiones de agua por kilómetros de red de agua	Ag002/ag005
Micro	Ambiente	Proporción de clientes micromedidos	Ag004/ag002
Loss	Ambiente	Agua no contabilizada	IN013
Indepen	Dummy institucional	0=administración pública directa y derecho público; 1=autarquía, derecho privado con administración pública, organización social, empresa pública	
Privada	Dummy institucional	0=empresas con participación pública; 1= empresa privada	
Local	Dummy regional	0= regional y microregional; 1=local;	
Agua_esgoto	Dummy multiproducto	0 = servicio de agua 1= servicio de agua y esgoto	
D_trat_20	Dummy tratamiento	0= esgoto tratado es menor al 20% 1= esgoto tratado es mayor al 20%	(es006+es014+es015)/ (es005+es013)

Region_Norte	Dummy regional	1=Norte	
Region_Nordeste	Dummy regional	1=Nordeste	
Region_Sudeste	Dummy regional	1=Sudeste	
Region_Sur	Dummy regional	1=Sur	
Región_Centro-Oeste	Dummy regional	1=Centro-Oeste	

Fuente: Elaboración propia sobre la base de SNIS. <http://www.snis.gov.br>

Los ambientes de operación pueden determinar los costos que tenga que afrontar cada empresa. En este sentido se incluyeron como variables ambientales a:

- La densidad de clientes, ya que cuanto más concentrada está la población más fácil es la provisión,
- La micromedición requiere de niveles de presión y continuidad adecuados para poder funcionar, con lo cual estaría dando una señal de calidad, por otro lado, también requiere de personal que compute la lectura de los medidores en diferentes momentos del tiempo.
- Las pérdidas de red, que tienen su origen en cuestiones técnicas como las roturas o la antigüedad de la red, o en cuestiones comerciales como el consumo clandestino.

Por otro lado, se han incluido tres dummies institucionales. La primera refiere a la independencia que tienen las empresas para fijar sus políticas y su financiamiento. La segunda, recoge si la empresa es pública o privada. La tercera si tiene alcance local o no.

Finalmente, se incluyeron: una dummy que capta la prestación conjunta de agua y saneamiento (para diferenciar los costos fijos de los que prestan uno sólo de los servicios), una dummy de tratamiento de aguas servidas (para captar a diferencias en los costos producto del mismo) y una serie de dummies que intentan captar diferencias de costos originadas en la ubicación geográfica de las empresas.

Tabla 3: Estadística descriptiva de las variables. Toda la muestra y submuestras (2003-2010).

Variable	N	Media	Desvío estándar	Mínimo	Máximo	Región Norte	Región Nordeste	Región Sudeste	Region Sur	Región Centro-Oeste
Tot_cost	1016	160	656	0.07	8190	40	184	456	208	128
cli_ag	1016	194596	635130	306	6558559	40	184	456	208	128
cob_esg_e	1016	0.50	0.40	0.00	1.07	40	184	456	208	128
salario	1016	35344	19440	7.023,32	134021	40	184	456	208	128
p_energia	1016	328	139	5.01	1375	40	184	456	208	128
p_otros	1016	13810	15256	182	115383	40	184	456	208	128
dens	1016	75.18	26.88	15.96	179.39	40	184	456	208	128
micro	1016	0.88	0.22	0.00	1.36	40	184	456	208	128
loss	1016	0.35	0.17	0.00	0.79	40	184	456	208	128
Variable	Empresas con participación pública	Media	Desvío estándar	Mínimo	Máximo	Empresas Privadas	Media	Desvío estándar	Mínimo	Máximo
Tot_cost	934	166	684	0.07	8190	82	90	68		269

cli_ag	934	201973	661440	306	655855 9	82	110563	87554	1845	326214
cob_esg_ e	934	0.50	0.41	0.00	1.07	82.00	0.49	0.31	0.00	0.99
salario	934	35005	20029	7023	134021	82	39212	992158 3	21323	68205
p_energia	934	325	134	5.01	1375	82	367083	178	178	912
p_otros	934	12085	13351	182	115383	82	33454	20932	2922	93637
dens	934	75.58	27.68	15.96	179.00	82	70.55	14.41	45.89	103.64
micro	934	0.88	0.23	0.00		82	0.93	0.11	0.60	1.00
loss	934	0.35	0.17	0.00	0.79	82	0.39	0.14	0.13	0.71
Variable	Empresas No Independientes	Media	Desvío estándar	Mínimo	Máximo	Empresas Independientes	Media	Desvío estándar	Mínimo	Máximo
Tot_cost	484	28	50	0.07	269	532	280	889	1.07	8190
cli_ag	484	44615	62761	306	326214	532	331044	853426	522	655855 9
cob_esg_ e	484	0.49	0.42	0.00	1.07	532.00	0.51	0.39	0.00	1.01
salario	484	27771	12846	7023	78114	532	42234	21736	12084	134021
p_energia	484	345.03	165.67	31.63	1374.73	532	313.41	106.61	5.01	959
p_otros	484	11788	14516	182	93637	532	15648	15687	419	115383
dens	484	71.60	25.31	15.96	162.49	532	78.43	27.86	19.30	179.39
micro	484	0.88	0.23	0.00	1.36	532	0.88	0.21	0.08	1.00
loss	484	0.33	0.17	0.00	0.79	532	0.38	0.16	0.00	0.79
Variable	Ambito Regional y Microrregional	Media	Desvío estándar	Mínimo	Máximo	Ambito Local	Media	Desvío estándar	Mínimo	Máximo
Tot_cost	160	859	1460	3.8	8190	856	29.4	58	0.07	452
cli_ag	160	1000936	133441 1	12259	655855 9	856	43878	57669	306	308412
cob_esg_ e	160	0.29	0.22	0.02	0.86	856	0.54	0.42	0.00	1.07
salario	160	59945	25405	20044	134021	856	30746	13936	7023	111147
p_energia	160	281	70.73	175.79	685.95	856	337.39	146.37	5.01	1375
p_otros	160	27817	19580	2292	115383	856	11191	12705	182.46	93637
dens	160	78604.0 0	26.60	34.52	163.28	856	74.54	26.90	15.96	179.39
micro	160	0.83	0.21	0.29	1.00	856	0.89	0.22	0.00	1.36
loss	160	0.43	0.14	0.00	0.70	856	0.34	0.17	0.00	0.79
Variable	Prestadores de sólo agua	Media	Desvío estándar	Mínimo	Máximo	Prestadores de agua y saneamiento	Media	Desvío estándar	Mínimo	Máximo
Tot_cost	194	2.14	2.17	0.07	11.9	822	197	724	0.29	8190
cli_ag	194	7814	6774	306	27035	822	238678	698935	1525	655855 9
cob_esg_ e	194	0	-	0	0	822	0.62	0.35	0	1.07
salario	194	22977	11599	7023	78114	822	38263	19772	8827	134021
p_energia	194	372	155	32	1019	822	318	133	5.01	1374
p_otros	194	6798	6294	251	38889	822	15464	16250	182	115383
dens	194	66.74	36.66	15.96	179.39	822	77.17	23.6	26.22	163.28

micro	194	0.73	0.34	0	1.36	822	0.92	0.16	0.24	1
loss	194	0.27	0.18	0	0.68	822	0.37	0.15	0	0.79

Fuente: Elaboración propia sobre datos de SNIS

4. Estimaciones

El valor de todas las variables que forman parte de los modelos, a excepción de los ratios y dummies, se transformó a logaritmos. Las funciones de costos estimadas son no decrecientes, linealmente homogéneas y cóncavas en los insumos si los β estimados son no negativos y satisfacen la restricción de que la suma de los β sea 1 para todos los insumos considerados. Al dividir todos los precios de los insumos por uno cualquiera de ellos, se garantiza el cumplimiento de los supuestos anteriores. Ello implicó utilizar un precio como numerario para imponer dicha homogeneidad, y es por ello que todos los precios se encuentran divididos por el precio de la electricidad.

En el modelo se construyen variables que ayudan a entender como impactan los shocks aleatorios en el modelo y la estimación que mejor se ajuste.

Como $\gamma = \frac{\sigma^2_{\eta}}{\sigma^2}$, $\gamma \in (0; 1)$, siendo σ^2 la varianza del error compuesto (aleatorio más ineficiencia), entonces si $\gamma = 0$ la variabilidad de los residuos se explica en su totalidad por el componente aleatorio v .

Se estimaron fronteras aplicando las dos metodologías analíticas de estimación de datos de panel de fronteras estocásticas: Time-Invariant (TI), que considera la posibilidad de que los efectos de ineficiencia se mantengan constantes en el tiempo, y Time Varying Decay (TVD), que considera que los mismos puedan variar sistemáticamente en el tiempo. Para definir ante qué modelo nos encontramos, debemos analizar el comportamiento que sigue η , ya que si el mismo es igual a cero, la ineficiencia es constante en el tiempo.

Se estimaron dos Cobb Douglas (versiones TI y TVD) y dos Translog (también TI y TVD) por máxima verosimilitud.⁸

Dado que la función Translog es una aproximación de segundo orden se normalizaron todas las variables alrededor de la media, de manera tal que los efectos directos pueden considerarse como elasticidades para la media.

Tabla 4: Estimaciones (variables en logaritmos)

	Cobb Douglas Time Invariant	Cobb Douglas Time Varying Decay	Trans Log Time Invariant	Trans Log Time Varying Decay
Variabes	T_cost	T_cost	T_cost	T_cost
cli_ag	1.017***	1.021***	0.997***	1.005***
cob_esg_e	0.311***	0.287***	0.461***	0.430***
salario	0.391***	0.391***	0.274***	0.278***
p_otros	0.408***	0.407***	0.529***	0.520***
densidad	-0.538***	-0.529***	-0.622***	-0.628***
micro	0.049	0.019	-0.098	-0.106
Perdidas	-0.015	-0.011	0.036	0.037
cli_ag^2			-0.024***	-0.015*
cob_esg_e^2			0.705***	0.588***

⁸ La metodología se desarrolló en base a Battese and Coelli (1988) para el caso de Time Invariant y Battese and Coelli (1992) para el caso de Time Varying Decay (TVD)

salario^2			0.084***	0.087***
p_otros^2			0.161***	0.159***
cli_ag*cob_esg_e			-0.025	-0.012
cli_ag*sal			-0.016*	-0.015*
cli_ag*p_o			0.009	0.008
cob_esg_e*sal			0.043	0.040
cob_esg_e*p_o			-0.001	-0.010
sal*p_o			-0.076***	-0.075***
cli_ag*dens			0.096***	0.075***
cli_ag*micro			0.052*	0.038
cli_ag*perd			0.039	0.035
cob_esg_e*dens			-0.123	-0.120
cob_esg_e*micro			-0.678***	-0.569***
cob_esg_e*perd			-0.042	-0.043
sal*dens			0.009	0.011
sal*micro			-0.010	-0.013
sal*perd			0.041	0.016
p_o*dens			-0.189***	-0.191***
p_o*micro			0.020	0.021
p_o*perd			-0.018	-0.001
densidad^2			-0.071	-0.148
dens*micro			-0.051	-0.076
dens*perd			-0.059	-0.028
micro^2			0.316	0.434**
micro*perd			-0.304***	-0.303***
perdidas^2			0.002	0.002
Privada	0.003	0.012	-0.068	-0.069*
independencia_d	-0.008	-0.012	-0.001	-0.004
am_local	0.072	0.118**	0.022	0.105*
agua_esgoto	0.051	0.068*	0.045	0.062
d_trat_20	-0.025	-0.028	-0.012	-0.019
Region_Norte	0.088	0.018	0.038	-0.022
Region_Nordeste	0.011	-0.005	0.049	0.028
Region_Sudeste	0.073	0.033	0.056	-0.004
Region_Sur	-0.028	-0.044	-0.008	-0.015
Tendencia	-0.002	0.016***	0.001	0.024***
Constant	14.608***	-21.730*	8.721***	-37.948***
Insigma2	-3.385***	-3.564***	-3.633***	-3.873***
lltgamma	0.846***	0.603***	1.275***	1.009***
Mu (parámetro de ineficiencia)	0.495***	0.401***	0.495***	0.386***
Eta (evolución de la eficiencia en el tiempo)		0.038***		0.049***
Sigma2 (varianza del término de error compuesto)	0.034	0.028	0.027	0.021
Gamma (proporción de la varianza del término de error compuesto debida a ineficiencia)	0.701	0.638	0.782	0.734
Observaciones	1.016	1.016	1.016	1.016
Empresas	127	127	127	127
Períodos	8	8	8	8

Errores estándar entre paréntesis: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fuente: elaboración propia.

5. Discusión de resultados

Las variables del núcleo del modelo (productos y precios de insumos) son significativas, robustas y tienen los signos esperables. De las tres ambientales, sólo una es significativa, considerada aisladamente, en todos los modelos y tiene el signo negativo esperable. Los términos cuadráticos

y varias interacciones son significativas en las formulaciones Translog. Las dummies regionales nunca son significativas y las restantes lo son sólo en casos puntuales.

En los modelos Cobb Douglas el parámetro de ineficiencia μ se encuentra entre 0.401 y 0.495 y es significativo al 9%. A su vez se destaca que el parámetro η , que describe la evolución de la eficiencia en el tiempo es significativa al 99%. La ineficiencia cae 3.8% por año.

La micromedición y las pérdidas de red que resultan no significativas. Uno de los motivos por los cuales esto puede suceder es que la relación entre estas últimas variables y los costos totales sea no lineal. Este problema queda resuelto en los modelos Translog donde no sólo se incluye el efecto directo sobre los costos totales sino también sus interacciones con el resto de las variables.

En los modelos Translog el parámetro de ineficiencia μ es 0.495 en el modelo invariante en el tiempo y 0.386 en el modelo que varía en el tiempo, para el cual la ineficiencia cae 4.9% cada año. Se destaca que tanto los parámetros μ como η son significativos al 99%.

La elección entre los modelos Translogarítmicos se realizó a través de un test de verosimilitud, optando por el TVD. El test de verosimilitud [LR $\chi^2(1) = 27.30$ con Prob $> \chi^2 = 0.000$] rechaza la hipótesis que el modelo sea aquel en el cual la eficiencia no varía.

El parámetro λ indica que la ineficiencia explica entre un 73 y un 78% de la variabilidad del término de error.

Con respecto a la ineficiencia en el tiempo, la tendencia temporal resulta significativa. El coeficiente estimado implica que los costos aumentan en el tiempo a una tasa de 2.4% por año en términos reales en el modelo Translog TVD.

La Tabla 5 presenta una comparación de las distribuciones de los niveles de eficiencia a partir de la desagregación en los grupos que establecen las variables de interés.

Los niveles de eficiencias y las estructuras de costos de las empresas privadas difieren respecto de aquellas que tienen participación privada. Las empresas privadas tienen una estructura de costos que es 6.9% inferior a la de las empresas con participación pública y presenta niveles de eficiencia que son superiores; esto es, se encuentran más cerca de la frontera de costos eficientes, sin embargo el desvío estándar muestra que la dispersión de la eficiencia es mayor que en el caso de las empresas con participación pública.

Los niveles de eficiencias y las estructuras de costos de las empresas independientes de los niveles de gobierno divergen respecto de aquellas que son parte de la administración pública. La independencia no implica menores costos; sin embargo, los niveles de eficiencia de las empresas independientes son superiores, se encuentran menos dispersos con relación a la media que las empresas dependientes de la administración central indicando que si bien comparten la misma frontera de costos, las empresas independientes están más cerca de esa frontera y más concentradas alrededor de la media.

Los niveles de eficiencias y las estructuras de costos de las empresas regionales son distintos respecto de aquellas locales o microrregionales. Las empresas que son de ámbito local tienen una estructura de costos que es un 10.5% superior a la de las empresas regionales y microrregionales. No obstante esto, las empresas locales se encuentran más cerca de la frontera de costos eficientes y menos dispersas que las de ámbito regional y microrregional.

El hecho que algunas empresas presten servicios de agua y saneamiento, en tanto otras sean sólo de agua incide en los costos.⁹ La provisión conjunta de agua y saneamiento implica que los costos totales aumentan en un 6% respecto del caso en el cual sólo se provee agua. Dado que la

⁹ Si bien se han presentado la significatividad de las variables para p-valores inferiores a 10%, el valor de agua_esgo es de 10.7% por lo tanto estaría implicando que la provisión conjunta de agua y saneamiento aumenta los costos 6%.

variable que indica provisión conjunta es una dummy, se puede entender como el costo fijo de incorporar la provisión de saneamiento.

Tabla 5: Comparación de medias y desvíos estándares

Submuestras	N	Media	Error estándar	Desvío estándar	[intervalo de confianza al 95%]		Test de medias (t)	Test de varianzas (F)
Pública	934	0.673	0.003	0.107	0.666	0.680	-1.80 **	1.39 **
Privada	82	0.695	0.010	0.091	0.675	0.714	Privadas más eficientes	Eficiencia en privadas más dispersa
No independientes	484	0.668	0.005	0.113	0.658	0.678	-1.76 **	1.29 ***
Independientes	532	0.680	0.004	0.099	0.672	0.688	Independientes más eficientes	Eficiencia en independientes menos dispersa
am_regional	160	0.648	0.007	0.083	0.635	0.661	-3.43 ***	0.58 ***
am_local	856	0.679	0.004	0.109	0.672	0.687	Locales más eficientes	Eficiencia en Locales más dispersa
agua_solo	194	0.691	0.007	0.104	0.676	0.706	2.45 ***	0.96
agua y esgoto	822	0.671	0.004	0.106	0.663	0.678	Sólo agua más eficientes	Igual dispersión de las eficiencias
Nivel de significatividad estadística - *** p>0.99, ** p>0.95, * p>0.90								

Fuente: Elaboración propia

¿Hay diferencias de costo entre diferentes regiones del país? De la Tabla 4 donde están las estimaciones se observa que no existen diferencias de costos entre las regiones y que por tanto todas comparten la misma frontera de costos. La siguiente pregunta es cuán alejadas están las empresas de la frontera de costos. La Tabla 6 presenta la media de los niveles de eficiencia y sus desvíos estándares. Se observa que las empresas más eficientes se encuentran en el Centro-Oeste y estadísticamente tendrían los mismos niveles de eficiencia que las empresas del Sur y del Nordeste mientras que las empresas del Norte son las menos eficientes y a su vez sus niveles de eficiencia son los menos dispersos. En cuanto a la dispersión de los niveles de eficiencia se observa que en el Sudeste y en el Sur la dispersión es la mayor y estadísticamente diferente de la dispersión de las Regiones Nordeste y Centro_Oeste. Finalmente, la Región Norte es la que tiene una menor dispersión de los niveles de eficiencia.

Tabla 6: Comparación de medias y desvíos estándares - Por regiones

	Media	Desvío estándar	Norte		Nordeste		Sudeste		Sur	
			Media	Desvío estándar	Media	Desvío estándar	Media	Desvío estándar	Media	Desvío estándar
			0.64	0.05	0.68	0.09	0.66	0.11	0.69	0.11
Nordeste	0.68	0.09	***	***						
Sudeste	0.66	0.11	=	***	***	***				
Sur	0.69	0.11	***	***	=	**	***	=		
Centro-Oeste	0.70	0.09	***	***	=	=	***	***	=	***

Nivel de significatividad estadística en las diferencias de medias y desvíos estándares - *** $p > 0.99$, ** $p > 0.95$, * $p > 0.90$

6. Conclusiones

El objetivo de este trabajo es determinar la eficiencia relativa de los prestadores de agua y saneamiento en Brasil y tener una primera respuesta a las preguntas:

- ¿Difieren los niveles de eficiencia y las estructuras de costos de las empresas regionales, de aquellas locales o microrregionales?
- ¿La independencia corporativa de las empresas, impacta en los costos?
- ¿La prestación privada, incide en los costos?
- ¿Cómo se diferencia en los costos el hecho que algunas empresas presten servicios de agua y saneamiento, en tanto otras sean sólo de agua?
- ¿Hay distintos costos entre diferentes regiones del país?
- La ineficiencia ¿es constante o se ha reducido en el tiempo?

El método utilizado es el análisis de frontera estocástica, y los datos provienen del Sistema Nacional de Informaciones sobre Saneamiento (SNIS).

Primero, se encontró que empresas operadas de manera regional o microrregional tienen costos que se encuentran 10% más abajo que las locales. La diferencia no parece atribuible a eficiencia y sí a escala. Hay allí un primer argumento para regionalizar: condicionalmente, podrían ahorrarse costos al regionalizar varias empresas locales o microrregionales. Merecen analizarse con más profundidad las economías de escala y sus argumentos explicativos.

Segundo, de los resultados se infiere que la independencia no incide en la estructura de costos, pero sí lo hace la prestación privada. Aquí parecen operar dos efectos en sentido contrario: posiblemente los prestadores estructurados como empresas independientes tengan mejor contabilidad de costos y una gerencia más profesional, pero dichos elementos son contrapesados con subsidios escondidos en prestadores integrados a los municipios que usufructúan compartir insumos con la municipalidad (facturación, tiempo de empleados administrativos y comerciales, edificios, sistemas, etcétera).

Tercero, las empresas que prestan ambos servicios tienen un costo fijo superior en un 6% a las que sólo proveen agua potable. Recuérdese que en la muestra, en promedio, la cobertura de alcantarillado es del 50% (con un desvío estándar de 40%).

Cuarto, cuando se analizan las estructuras de costo por regiones, se observa que no existen diferencias en las estructuras de costos pero sí en los niveles de eficiencia y varía también la dispersión de tales niveles.

Quinto, según el mejor modelo, la ineficiencia no es constante sino que se ha reducido en un 4.9% anual en el período bajo estudio bajo estudio, lo cual es un resultado alentador para el sector.

Queda una interesante agenda de investigación para continuar estudiando el sector en Brasil, por ejemplo, contrastar la robustez de los resultados mediante el uso de otros métodos de frontera, como el DEA, estudiar más detalladamente la presencia de economías de escala y alcance, estructura industrial óptima y las fuentes de ahorro por aglomeración de prestadores, examinar con indicadores e índices de productividad (Malmquist, Luenberger) la evolución en el tiempo de los registros del sector y estudiar casos concretos de agrupaciones de municipios, en ciertos estados, que permitieran reducir costos de prestación.

Bibliografía

- ABAR (2012). "Saneamento Básico. Regulação". Associação Brasileira de Agências de Regulação. Brasília.
- Abbot, M. & B. Cohen (2009). "Productivity and Efficiency in the Water Industry". *Utilities Policy*. Vol. 17, Issue: 3-4, Publisher: Elsevier Ltd, pp. 233-244.
- Berg, S. & M. Corton (2000). "Infrastructure management: Applications to America Latina". Public Utility Research Center, University of Florida.
- Berg, S. & C. Lin (2008). "Consistency in Performance Rankings: the Peru Water Sector". *Applied Economics*, Vol. 40, Issue 6, pp 793-805.
- Berg, S. & R. C. Marques (2010). "Quantitative Studies of Water and Sanitation Utilities: A literature Survey". Public Utility Research Center. University of Florida.
- Bhattacharyya, A. & T. Harris (1995). "Allocative efficiency of rural Nevada water systems: A hedonic shadow cost function approach". *Journal of Regional Science*, Vol. 35, No 3, pp. 485-501.
- Botasso, A. & M. Conti (2003). "Cost inefficiency in the English and Welsh Water Industry: An heteroskedastic stochastic cost frontier approach". *Economics Discussion Papers 573*, University of Essex (UK), Department of Economics.
- Campos, F. M. (2011). "Economias De Escala E Ineficiência Técnica: A Importância Da Dimensão De Operação Das Concessionárias Estaduais De Água E Esgoto Brasileiras (1998-2008)," *Anais do XXXVIII Encontro Nacional de Economia*. Associação Nacional dos Centros de Pósgraduação em Economia (ANPEC).
- Coelli, T. & S. Walding (2006). "Performance Measurement in the Australian Water Supply Industry: A preliminary analysis". *Performance and Regulation of Network Utilities*. Edward Elgar Publishing Limited, Ch 3.
- Corton, M. & S. Berg (2007). "Benchmarking Central American Water Utilities". *Utilities Policy*. Vol. 17, Issues 3-4, Pp 267-275.
- De Witte, K. & R. C. Marques (2010). "Influential observations in frontier models, a robust non-oriented approach to the water sector". *Annals of Operations Research*. Vol 181, No. 1, 377-392.
- De Witte, K. & E. Dijkgraaf (2010). "Mean and Bold? On Separating Merger Economies from Structural Efficiency Gains in the Drinking Water Sector". *Journal of the Operational research Society*. Vol. 61. Pp 222-234. February.
- Dijkgraaf, E., S. Van Der Geest & M. Varkevisser (2006). "The efficiency gains of Benchmarking Dutch water companies".
- Erbetta, F. & M. Cave (2007). "Regulation and Efficiency Incentives: Evidence from the England and Wales Water and Sewerage Industry". *Review of Network Economics*. Vol. 6, Issue 4. December.
- Estache, A. & M. Rossi (1999). "Comparing the Performance of Public and Private Water Companies in the Asia and Pacific Region". World Bank Institute. Governance, Regulation and Finance. July, Policy Research Working Paper 2152.
- Estache, A. & M. Rossi (2002). "How different is the Efficiency of Public and Private Water Companies in Asia". *World Bank Economic Review*, Vol. 16, Issue 1. Pp 139-148.
- Faria, R. C., G. S. Souza & T. B. Moreira (2005). "Public versus Private Water Utilities: Empirical Evidence for Brazilian Companies". *Economics Bulletin*, Vol. 8. Issue 2. Pp 1-7.
- Feigenbaum, S. & R. Teeples (1983). "Public versus Private Water Delivery: A hedonic cost approach". *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 65, No. 4, pp 672-678.

- Ferro, G., E. Lentini, A. C. Mercadier & C. A. Romero (2011). "Returns to Scale in Water and Sanitation: Estimates for Latin America". *Inventi Impact Service Sector* January – March, Volume 2011, Issue 1
- Ferro, G. E. Lentini & A. C. Mercadier (2011). "Economies of Scale in the Water Sector: a Survey of the Empirical Literature". *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development*. Volume 1, Number 3. pp 179-193. June-September.
- Ferro, G., C. A. Romero & M. P. Covelli (2011). "Regulation and Performance: A Production Frontier Estimate for the Latin American Water and Sanitation Sector". *Utilities Policy*, Volume 19, Issue 4, December, Pages 211-217
- Ferro, G., & C. A. Romero (2011). "Setting Performance Standards for Regulation of Water Services: Benchmarking Latin American Utilities". *Water Policy*. Vol. 13, pp 607-623.
- Filippini, M., N. Hrovatin & J. Zoric (2008). "Cost efficiency of Slovenian Water Distribution Utilities: An application of Stochastic Frontier Methods". *Journal of Productivity Analysis*. Vol. 29, No. 2, 169-182.
- Fraquelli, G. & V. Moiso (2005). "Cost Efficiency and Economies of Scale in the Italian Water Industry". SIEP – Società italiana di economia pubblica. XVII Conferenza. Finanziamento del Settore Pubblico, Pavia Università, 15-16 settembre.
- Guder, J., B. Kittlaus, R. Moll, M. Walter & M. Zschille (2009). "The performance of German Utilities: A first Non-Parametric Analysis". 36th Annual Conference of the European Association for Research in Industrial Economics (EARIE).
- Gupta, S., S. Kumar & G. Sarangi (2006). "Measuring the Performance of Water Service Providers in Urban India: Implications for managing water utilities". National Institute of Urban Affairs – NIUA, WP 06-08. November.
- Horn, T. & H. Saito H. (2011). "Cost efficiency and Scale Economies of Japanese Water Utilities". Discussion paper in Economics and Business. Discussion paper 11-19. Osaka University.
- Kirkpatrick, C., D. Parker & Y. Zhang (2004). "State versus Private Sector Provision of Water Services in Africa: A Statistical, DEA and Stochastic Frontier Analysis". CRC, Center on Regulation and Competition, WP No. 70, June.
- Lin, C. (2005). "Service Quality and Prospects for Benchmarking: Evidence from the Peru Water Sector". *Utilities Policy*. Vol. 13, Issue 3, September, pp 230-239.
- Marques, R. C. & A. Monteiro (2003). "Measuring Productivity and Efficiency of Water and Sewerage Utilities. A Total Factor Productivity Approach". II International Conference: Efficiency use and management of urban water supply. Tenerife, Spain.
- Martins, R., A. Fortunato & F. Coelho (2006). "Cost structure of the Portuguese Water Industry: a Cubic Cost Function Application". Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra. Grupo de Estudos Monetários e Financeiros (GENF), No. 9.
- Mobbs, P. & E. Glennie (2004). "Econometric modelling with ADERASA data & indicator values", WRc (Draft).
- Mugisha, S. (2007). "Performance Assessment and Monitoring of Water Infrastructure: An Empirical Case Study of Benchmarking in Uganda". *Water Policy* Vol 9 No 5 pp 475–491.
- Munisamy, S. (2009). "Efficiency and Ownership in Water Supply: Evidence from Malaysia". *International Review of Business Research Papers*. Vol. 5 No. 6 November, Pp. 148-260.
- Picazo-Tadeo, A., F. Sáez-Fernandez, & F. González-Gómez, (2008). "Does Service Quality Matter in Measuring the Performance of Water Utilities?" *Utilities Policy*. Vol. 16, Issue 1. March, pp 30-38.

- Renzetti, S. & D. Dupont (2003). "Ownership and Performance of Water Utilities". Greener Management International. June.
- Revollo Fernandez, D. & G. 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. Revista No. 14. Pp 91-120.
- Saal, D., D. Parker & T. Weyman-Jones (2007). "Determining the Contribution of Technical Change, efficiency Change and Scale Change to Productivity Growth in the Privatized English and Welsh Water and Sewerage Industry: 1985-2000". Journal of Productivity Analysis, Vol. 28, Issue 1, pp 127-139.
- Saal, D. & S. Reid (2004). "Estimating Opex Productivity Growth in English and Welsh Water and Sewerage Companies: 1993-2003". Aston Business School Research Papers. RP 0434. December.
- Sabbioni, G. (2007). "Econometric measures of the relative efficiency of water and sewerage utilities in Brazil." PURC - Public Utility Research Center, University of Florida.
- Sabbioni, G. (2008). "Efficiency in the Brazilian Sanitation Sector". Utilities Policy, Vol. 16, pp 11-20.
- Shih, J., W. Harrington, W. Pizer & K. Gilligham (2004). "Economies of Scale and Technical Efficiency in Community Water Systems". Resources for the Future. February . Discussion Paper 04-15.
- Souza, G. S. , Faria, R. C. & T. B. Moreira (2008). "Efficiency of Brazilian Public and Private Water Utilities". Estudos Econômicos, São Paulo, Vol. 38, No. 4, pp. 905-917, Outubro - Dezembro.
- Tupper, H. & M. Resende (2004). "Efficiency and Regulatory Issues in the Brazilian Water and Sewerage Sector: An Empirical Study". Utilities Policy, Vol. 12, pp. 29-40.
- Vishwakarma, A. & M. Kulshrestha (2010). "Stochastic Production Frontier Analysis of Water Supply Utility of Urban Cities in the State of Madhya Pradesh, India". International Journal of Environmental Sciences, Vol. 1, No. 3.
- Walter, M., A. Cullmann, C. von Hirschhausen, R. Wand & M. Zschille (2009). "Quo Vadis Efficiency Analysis of Water Distribution? A Comparative Literature Review". Utilities Policy. Vol. 17, Issue 3-4. September – December. Pp. 225-232.
- Woodbury, K. & B. Dollery (2004). "Efficiency measurement in Australian Local Government: The Case of NSW Municipal Water Services". Review of Policy Research. Vol. 21, Issue 5, pp 615-636, September.
- Zschille, M. & M. Walter (2011). "The performance of German Water Utilities: A (semi) parametric analysis". DIW Berlin Discussion Paper No. 1118.

Apéndice: Metaestudio de fronteras de eficiencia en agua y saneamiento

Autores	Países	Prestadores	Período	Técnica	Enfoque	Variables de Insumos y Precios de Insumos	Variables de Costos	Variables de Productos	Variables ambientales	Eficiencia analizada
Woodbury & Dollery (2004)	Australia	73	1997-2000	DEA	Producción		Costos Gerenciables, OPEX, , Costos de Energía y Químicos, CAPEX	Volumen	Índice de calidad del Agua, Índice de confiabilidad del agua.	Asignativa y Técnica
Munisamy (2009)	Malasia	17	2005	DEA	Costos	Red, Agua no contabilizada	OPEX	Volumen entregado, Conexiones, Área de servicio		Técnica
Mugisha (2007)	Uganda	8-14	1996-2004	SFA	Producción	Personal, Red		Volumen, Conexiones, Volumen no facturado	Tamaño de mercado	Técnica
Corton (2007)	Costa Rica El Salvador Guatemala Honduras Nicaragua Panamá	8	2002-2006	DEA SFA	Producción Costos	Personal, Costo de la energía, Stock de capital.	OPEX, Costos Totales	Volumen producido, Conexiones de agua, Población servida.	Calidad del agua, Continuidad del servicio, Número de quejas, Cantidad de fugas	Técnica
Revollo Fernández & Londoño (2008)	Colombia	77	2003 - 2005	SFA	Costos	Precios de los insumos	Costos Variables	Volumen facturado		Técnica
Bhattacharyya & Harris (1995)	Estados Unidos	26	1992	Shadow Price	Costos	Precio de la energía, Salario, capital	Costos Variables	Volumen	Capital, Densidad de población, Propiedad de la empresa, Porcentaje de micromedición	Asignativa

Berg & Lin (2008)	Perú	44	1996 - 1998	DEA SFA	Producción	OPEX, Empleados, Conexiones		Volumen facturado, Clientes, Cobertura del servicio, Continuidad del servicio		Asignativa
Botasso & Conti (2003)	Inglaterra y Gales	177	1995 - 2001	SFA	Costos	Red, Salario, Precio de otros insumos	OPEX, Red		Dummy de Alcantarillado, Costo de Bombeo, Agua de Río, Deensidad de Población	Técnica
Coelli & Walding (2006)	Australia	18	1995/96 - 2002/03	DEA	Producción	OPEX, CAPEX, Red		Conexiones, Volumen entregado		Técnica
De Witte & Marques (2010)	Portugal	73	2005	DEA	Producción	OPEX, CAPEX		Volumen entregado, Clientes	Pérdidas	Técnica
Dijgraaf, Van Der Geest & Varkevisser (2006)	Holanda	17	1992 - 2003	SFA	Costos	Salario, Precio del capital	Costo total	Volumen producido,	Conexiones / Volumen entregado, Red / Volumen entregado, Estabilidad del suelo, Proporción hogares/industrias, Antigüedad de la red.	Asignativa
Horn & Saito (2011)	Japón	831	1999 - 2008	SFA	Costos	Salario, Precio del capital	Costo total del agua	Volumen entregado,	Densidad de la red	Asignativa

Zschille & Walter (2011)	Alemania	373	2006	DEA y SFA	Costos		Ingresos Totales	Consumo privado, Consumo Industrial, Volumen	Red, Densidad de la población, Porcentaje de agua subterránea, Porcentaje de pérdidas, Diferencias de elevación, Diferencias operativas entre Alemania Oriental y Occidental, Deuda Municipal per cápita, Economías de alcance con servicio de alcantarillado, Cambio tecnológico	Técnica
Vishwakarma & Kulshrestha (2010)	India	18		SFA	Producción	Personal cada 1000 conexiones, Red, Capacidad instalada de producción		Volumen	Densidad de población servida, Porcentaje de pérdidas	Técnica
Erbetta & Cave (2007)	Inglaterra y Gales	10	1992-93 / 2004-05	DEA y SFA	Producción y Costos	Costo salarial total, Otros, Salario, Precio del capital, Precio de otros insumos	OPEX, CAPEX	Volumen entregado, , Conexiones de agua, Conexiones de alcantarillado, Pérdidas	Porcentaje de agua subterránea, Porcentaje de pérdidas, Densidad de población servida en agua, Densidad de población servida en alcantarillado, Efluentes industriales, Cambio tecnológico, Dummy de entorno económico	Técnica y Asignativa
Estache & Rossi (1999)	Varios Asia-Pacífico	50	1995	SFA	Costos	Personal, Salario	OPEX	Clientes, Volumen, Densidad de población, Conexiones	Capacidad de tratamiento, Estructura de mercado, Continuidad en horas, PBI per Cápita	Técnica
Estache & Rossi (2002)	Varios Asia-Pacífico	50	1995	SFA	Costos	Salario	OPEX	Clientes, Volumen, Conexiones, Densidad de población servida, Porcentaje de agua subterránea	Continuidad en horas, Porcentaje de micromedición, Dummy concesionada, Dummy participación privada	Técnica

Faria, Souza & Moreira (2005)	Brasil	279	2002	SFA	Producción	Red, Personal		Volumen entregado	Dummy empresa publica, Dummy Región Norte, Dummy Región Noreste, Dummy Región Centro-Este, Dummy Región Sudeste, Dummy Región Sur	Técnica
Feigenbaum & Teeple (1983)	Estados Unidos	319	1970	SFA	Costos	Salario, Precio energía, Precio del capital	Costos hedónicos, Costos totales	Volumen	Índice de tratamiento del agua, Porcentaje de micromedición, s, Capacidad de almacenamiento / producción promedio, Tamaño promedio de las cuentas medidas, Porcentaje de agua comprada en bloque	Técnica
Filippini, Hrovatin & Zoric (2008)	Eslovenia	52	1997 - 2003	SFA	Costos	Salario, Precio de materiales, Precio del capital	Costo total	Volumen entregado, , Clientes servidos, Extensión del área servida	Dummy de pérdidas de agua, Dummy tratamiento del agua, Dummy aguasuperficial, Dummy agua subterránea.	Técnica
Fraquelli & Moiso (2005)	Italia	18	20/30 años	SFA	Costos	Salario, Precio de Electricidad y materiales, Precio del Capital	Costo total	Volumen entregado medido	Red, Nivel de pérdidas	Asignativa
Martins, Fortunato & Coelho (2006)	Portugal	282	2002	SFA	Costos		Costo total	Volumen entregado, Volumen de agua residual	Conexiones agua, Conexiones alcantarillado, Dummy prestador privado,	Técnica

Gupta, Kumar & Sarangi (2006)	India	27	2004 - 2005	DEA	Producción	Gastos e Ingresos, Capacidad de producción de agua		Volumen entregado		Técnica
Kirkpatrick, Parker & Zhang (2004)	Varios África	71	2000	DEA SFA	Costos	Personal	Costo total	Volumen entregado, Conexiones,	Continuidad en horas, PBI per cápita, Disponibilidad de recursos de agua	Técnica
Lin (2005)	Perú	36	1996 - 2001	SFA	Costos	Salario, Precio del capital	Costos totales	Volumen facturado, Clientes	Ratio de micromedición, Test de cloro positivos, Cobertura del servicio, Continuidad del servicio.	Técnica
Marques & Monteiro (2003)	Portugal	15	1994 - 2001	TFP	Producción	Personal, Capital , Otros		Ingresos totales, Clientes de agua, Clientes de alcantarillado.		Técnica
De Witte & Dijkgraaf (2010)	Holanda	20 al inicio y 10 al final del período	1993 - 2005	FDH (Free Disposal Hull) y SFA	Producción	Costos totales, Base salarial, Base de capital, Conexiones, Capital de Balance, Red, Personal		Volumen entregado, Conexiones	Tendencia temporal, Años después de una fusión	Técnica
Mobbs & Glennie (2004)	Argentina Bolivia Perú Chile Costa Rica Ecuador Honduras Nicaragua Panamá Paraguay Uruguay	38	2003	DEA	Producción	Facturación total, Personal		Población servida con agua, Población servida con alcantarillado, Cuentas de agua, Cuentas de alcantarillado, Conexiones de agua , Conexiones de alcantarillado, Red de agua, Red de alcantarillado, Agua comercializada		Técnica

Picazo-Tadeo, Sáez-Fernández & González-Gómez (2008)	España	38	2001	DEA	Producción	Red de agua, Red de alcantarillado, Personal, OPEX		Agua entregada, Agua residual recolectada, Agua residual tratada	Test de calidad del agua, Pérdidas	Técnica
Saal, Parker & Weyman-Jones (2007)	Inglaterra y Gales	10	1985 - 2000	SFA	Producción	Personal, Stock de capital, Otros insumos		Clientes de agua, Clientes de alcantarillado, Volumen, Tratamiento de alcantarillado.	Índice de calidad del agua, Calidad promedio ponderada del río y de agua de baño, Porcentaje de agua subterránea, Cargas de efluentes, Porcentaje de micromedición	Técnica
Saal & Reid (2004)	Inglaterra y	10	1993 - 2003	SFA	Costos	Stock de capital de agua, Stock de capital de alcantarillado, Precio del trabajo, Precio de otros insumos.	OPEX	Volumen de agua, Volumen de alcantarillado,	Calidad del agua, Población con tratamiento secundario de alcantarillado, Conexiones de agua con nivel de presión de referencia, Densidad de alcantarillado, Densidad de agua	Técnica
	Gales									
Sabbioni (2007)	Brasil	280	2002	SFA	Costos	Salario	OPEX	Volumen producido, Volumen de alcantarillado colectado, Personas servidas con agua, Personas servidas con alcantarillado, Conexiones de agua, Conexiones de alcantarillado	Dummies por región, Dummy si compran agua en bloque, Densidad población servida, Volumen micromedido, Promedio de consumo por hogar,	Técnica
Sabbioni (2008)	Brasil	1200	2000 - 2004	SFA	Costos		OPEX	Volumen producido, Conexiones	Red, Porcentaje de población urbana, Volumen micromedido, Proxy de calidad (Fluorinización), Dummy de alcantarillado, Dummy por Región	Técnica

Shih, Harrington, Pizer & Gilligham (2004)	Estados Unidos	1980	1995 y 2000	DEA y SFA	Costos	Salario, Costo del capital, Costo de Materiales, Costo de la energía	Costo total unitario, Costo de factores unitario	Volumen	Población servida, Fuente del agua, Porcentaje de agua comprada	Técnica
Tupper & Resende (2004)	Brasil	20	1996 - 2000	DEA y SFA	Producción	Costos Laborales, OPEX, Otros costos de operación		Volumen, Tratamiento de alcantarillado, Población servida con agua, Población servida con alcantarillado	Densidad de red de agua, Densidad de red de alcantarillado, Pérdidas de agua	Técnica
Souza, Faria & Moreira (2008)	Brasil	342	2002 - 2004	SFA	Costos	Precio capital, Salario	Costo total	Volumen	Dummy empresa privada, Dummies regionales	Técnica
Guder, Kittlaus, Moll, Walter & Zschille (2009)	Alemania	373	2006	DEA	Costos		Totales	Volumen de agua producida, volumen de agua entregada a residenciales, volumen de agua entregada a no residenciales	Densidad del producto, Ratio de fugas, Porcentaje de agua subterránea, Diferencias de elevación, Dummy para Alemania Oriental	Técnica
Ferro, Lentini, Mercadier & Romero (2010)	Argentina Bolivia Brasil Chile Colombia Costa Rica Ecuador El Salvador Honduras México Nicaragua Panamá Paraguay Perú Uruguay Venezuela	90	2005	SFA	Producción	Red, Personal		Clientes de agua, Volumen de agua producida, Cobertura.	Densidad de clientes por kilómetro de red, Porcentaje de micromedición, Porcentaje de la población con alcantarillado.	Técnica

Ferro, Romero & Covelli (2011)	Argentina Bolivia Brasil Chile Colombia Costa Rica Ecuador El Salvador Honduras México Nicaragua Panamá Paraguay Perú Uruguay Venezuela	188	2003 - 2008	SFA	Producción	Personal, Red		Agua despachada	Proporción de micromedición, Pérdidas en la red, Densidad de población por kilómetro de red. Dummy por país	Técnica
Ferro & Romero (2011)	Argentina Bolivia Brasil Chile Colombia Costa Rica Ecuador El Salvador Honduras México Nicaragua Panamá Paraguay Perú Uruguay Venezuela	127-70	2003 - 2005	DEA y SFA	Costos	Salario, Precio del capital	Costos operativos	Clientes de agua	Proporción de agua subterránea, Proporción de agua no medida, Proporción de clientes residenciales, Pérdidas de agua, Quejas de los clientes.	Técnica y asignativa

Fuente: Elaboración propia sobre la base de Berg y Marques (2010), Abbott y Cohen (2009) y Water, Cullmann, von Hirschhausen, Wand y Zschille (2009), más estudios recopilados por los autores