

ECONOMÍA



Zona Petrolera
Cesar Rengifo
Serie Pintores Venezolanos

HACIA LA BÚSQUEDA DE UN MODELO PARA DETERMINAR LA EFICIENCIA EN LA INDUSTRIA DE SUMINISTRO DE AGUA LATINOAMERICANA

*Ángel Higuerey Gómez**

*Lourdes Trujillo Castellano***

*María Manuela González Serrano****

Resumen

Las empresas de servicio de agua potable y de aguas residuales deben gestionarse de manera eficiente para contribuir a mejorar la calidad de vida de la población. En este trabajo se mide la eficiencia técnica de empresas de varios países latinoamericanos en el periodo 2003-2006 a través de 4 modelos, empleando un enfoque paramétrico. El resultado más llamativo es la influencia de las pérdidas de agua en la eficiencia de las empresas. Este hecho permite llamar la atención de empresas, gobierno, agentes reguladores e investigadores sobre la necesidad de estudiar en detalle los aspectos que inciden en la eficiencia de este sector en Latinoamérica.

Palabras clave: *función de distancia, eficiencia, industria de agua, Latinoamérica.*

* Doctor en Economía. Profesor Asociado de la Universidad de Los Andes, Venezuela. Investigador del Centro Regional de Investigación Humanística, Económica y Social (CRIHES). Colaborador del Grupo de Investigación en Economía de las Infraestructuras y el Transporte (EIT) en España. E_mail: anahigo@ula.ve

** Doctora en Economía. Titular de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España. Investigadora del Grupo de Investigación en Economía de las Infraestructuras y el Transporte (EIT). E:mail: ltrujillo@daea.ulpgc.es

*** Doctora en Economía. Contratada Doctora de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España. Investigadora del Grupo de Investigación en Economía de las Infraestructuras y el Transporte en España (EIT). E_mail: mmgonzalez@daea.ulpgc.es

Recibido: 17/06/2014

Aprobado: 03/09/2014

TOWARD FINDING A MODEL TO DETERMINE THE EFFICIENCY OF LATIN AMERICAN WATER SUPPLY INDUSTRY

Water and wastewater utilities must be managed efficiently to help improve the quality of life of populations. This paper measures the technical efficiency of Latin American companies in the period 2003-2006 using 4 models through a parametric approach. The most striking result is the influence of water losses in the efficiency of enterprises. This finding highlights the need for studying the aspects that affect the efficiency of this sector in Latin America in detail and calls for the attention of business, government, regulators and researchers.

Key words: distance function, efficiency, water industry, Latin America.

1. Introducción

El agua debe cumplir ciertas características para ser apta para su uso o consumo y así satisfacer las necesidades de la colectividad. Las organizaciones responsables de la prestación de este servicio y/o los usuarios del mismo son responsables de garantizar la calidad del agua, así como el tratamiento de las aguas residuales. El Estado tiene que proporcionar este servicio en términos de calidad y que llegue a todos a un precio maximizador del beneficio social que permita el uso eficiente del mismo y el retorno de las inversiones a las empresas prestadoras.

Ahora bien, la gestión eficiente de las empresas garantiza el retorno del capital, un mejor precio y un producto de calidad, favoreciendo la calidad de vida. La eficiencia puede ser medida de diferentes formas; una de ellas es el método de fronteras que consiste, básicamente, en comparar las empresas y determinar la ineficiencia de cada una con respecto a las de la frontera.

El objetivo del presente trabajo es medir la eficiencia técnica de las empresas de agua de los países de Latinoamérica. Para ello se emplea la función de distancia que tiene como ventaja el tratamiento multiproducto, que es el caso de la industria de agua. Para el estudio se empleó información de empresas que operan en 9 países latinoameri-

canos y se estimaron 4 combinando diversas variables explicativas de la ineficiencia. Las variables fueron seleccionadas de acuerdo con las especificaciones comúnmente utilizadas en la literatura sobre medidas de eficiencia en este sector.

La revisión de la literatura efectuada revela que pocos estudios comparan la eficiencia en la industria de agua de varios países latinoamericanos. Un resumen se presenta en la Tabla 1. Todos los autores allí referenciados, los datos de la Asociación de Reguladores de Agua y Saneamiento de las Américas (ADERASA) y sus resultados permiten visualizar la situación del sector en la región.

La estructura del trabajo es la siguiente: en primer lugar, se describe la industria de agua y se concreta el ámbito de estudio de este artículo; seguidamente se detallan los datos empleados; a continuación, se describe la metodología y los modelos para, posteriormente, presentar los resultados obtenidos; por último se presentan las conclusiones.

Tabla 1. La eficiencia de las empresas de agua de países latinoamericanos

Autores	Países	Años	Modelo	Outputs	Inputs	Rango de Eficiencia (1)
Romero y Ferro (2006)	Honduras	2003	- Análisis de Frontera Estocástica de Costo	- Número de clientes de agua potable	- Personal propio - Longitud de redes de agua y de alcantarillado - Servicios provenientes de terceros - Costes de operación y mantenimiento	Min: 0,263 Max: 0,782
	Argentina Bolivia Brasil Chile Colombia Costa Rica Ecuador	2005 al 2005	- Data Envelopment Analysis (DEA)			
Corton y Berg (2009)	Panamá	2002	- DEA	- Número de conexiones	- Cantidad de trabajadores	Min: 0,63 Max: 1
	Costa Rica El Salvador Nicaragua Guatemala Honduras	2005 al 2005	- Productividad Total de los Factores (PTF)	- Volumen de agua facturada	- Largo de red - Coste total de trabajo - Gasto total de energía	
Romero y Ferro (2009)	Honduras	2003	- Análisis de Frontera Estocástica de Costo	- Agua residual tratada - Población servida con alcantarillado - Cuentas de agua potable - Agua despachada - Población servida con conexión de agua potable	- Costos operativos totales - Personal propio - Longitud de la red de agua y de alcantarillado - Salario medio - Precio del capital	Max: 0,952
	Argentina Bolivia Brasil Chile Colombia Costa Rica Ecuador El Salvador	2008 al 2008	- Data Envelopment Analysis (DEA)			
Ferro et al., (2010)	México	2005	- Función de Producción	- Volumen de agua producida - Cantidad de clientes de agua - Cantidad de habitantes cubiertos	- Longitud de la red de distribución de agua - Cantidad de trabajadores a tiempo completo	Existencia de economías de escala en la prestación del servicio de agua potable en América Latina.
	Bolivia Chile Colombia Costa Rica Ecuador Honduras					

(1) La eficiencia varía de acuerdo al modelo. Se seleccionó el mínimo y el máximo entre todos los modelos

Fuente: Elaboración propia

2. La industria del agua

El servicio de distribución de agua es un monopolio natural; es decir, que atributos de costes tecnológicos implican que una sola empresa puede producir a un coste menor que varias. Por lo tanto, el mayor proveedor en una industria, o el primer proveedor en una localidad, posee una ventaja de costes sobre las demás empresas. En el caso de la industria de agua, las empresas locales se consideran normalmente monopolios puros, a menos que existan clientes industriales que tengan sus propios suministros (Clark y Stevie, 1981). Por otra parte, también hay evidencias de oligopolio natural ya que en algunos casos hay más de una empresa coexistiendo en el mercado (Trujillo, 1993). La existencia de un monopolio natural es una de las principales razones para que se produzca la regulación del sector.

Las empresas que operan en este sector se dedican al suministro de agua potable para consumo, al servicio de alcantarillado o recolección de aguas residuales, o ambas. Sus clientes son diferentes; en el caso del agua potable éstos se dividen en: hogares (residenciales), comerciales, industriales, público y agrícola. Otra clasificación del servicio de agua es rural y urbano, o mayoristas y minoristas (Torres y Morrison, 2006).

El principal objetivo de las empresas que prestan el servicio de suministro de agua, es producir agua potable con calidad suficiente y su recurso principal proviene de las aguas subterráneas o superficiales. El proceso de producción incluye las siguientes actividades: extracción de agua subterránea o superficial; tratamiento; transferencia; almacenamiento; presurización de las tuberías; y distribución (Fabbri y Fraquelli, 2000; García y Thomas, 2001). Estas actividades se suelen agrupar en: a) captación de agua de los embalses o las perforaciones; b) tratamiento del agua extraída para hacerla potable; y c) distribución. En algunos países estas funciones se encuentran separadas en varias organizaciones, mientras que en otros, una sola empresa es la responsable de realizar todo el proceso. Por otra parte, las funciones en el sistema de alcantarillado son: servicios de alcantarillado, tratamiento de aguas residuales, tratamiento y disposición de lodos, y actividades de los negocios de agua residuales (Thanassoulis, 2000).

Dentro de las características que inciden en las redes de distribución se encuentran: el tiempo de uso, la clase de cliente y la localización en la zona atendida (Kim, 1987); por lo tanto los costos marginales van a variar para los distintos usos de los servicios de agua. Los diferentes *outputs* de agua implican costes conjuntos o comunes realizados para todos los clientes, haciendo difícil una asignación correcta a cada salida por separado. De esta manera la tecnología de suministro de agua puede entenderse mejor si se estudia como un producto de múltiples procesos de producción conjunta (Ibidem).

La industria de agua requiere para su funcionamiento una gran inversión en la red de distribución, y por lo tanto, la mayoría de sus activos de capital están construidos bajo tierra, lo que puede restringir severamente el proceso de ajuste de capital (Torres y Morrison, 2006). Las fuentes superficiales se asocian con menores costes de capital, pues necesitan menos inversión en presas, represas, entre otros aspectos.; por el contrario, suelen tener costes mayores de explotación, por requerir mayor cantidad de bombeo y tratamiento. Esto supone un mayor coste en energía, químicos, entre otros.

Existen factores exógenos que influyen en esta industria como, por ejemplo, los elementos climatológicos (específicamente la temperatura); la densidad de la población, la altitud (de la zona en que se presta el servicio, de las plantas de potabilización y de los depósitos de almacenamiento); las políticas gubernamentales de gestión del agua (protección, consumo y producción) y el tipo de propiedad de la empresa que presta el servicio.

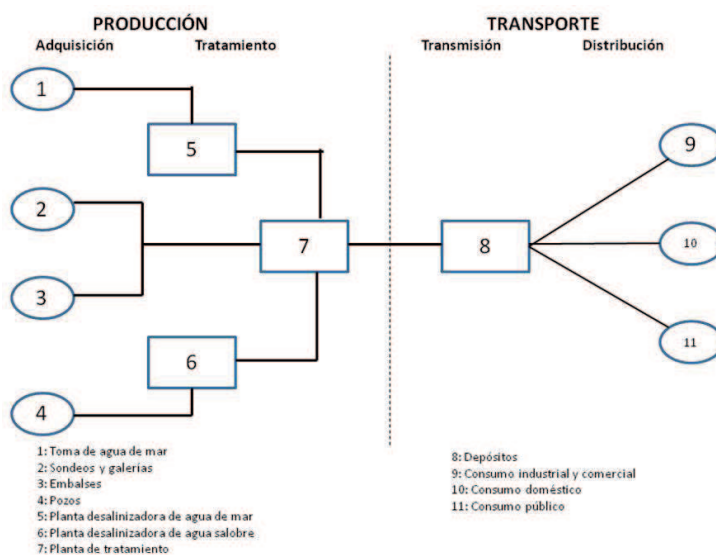
En resumen, la industria del agua presenta las siguientes características: multiproducto, monopolio natural, sector regulado, estructura de costos fija, una rentabilidad que depende de la cantidad de clientes, distribución, zona atendida y el volumen de agua producida y consumida. Todo ello ha ocasionado que se hayan llevado a cabo diversos estudios sobre economías de escala y de alcance; siendo los precursores Ford y Warford (1969) y Koenig (1966).

Varios estudios también se han dirigido a comparar la eficiencia de la gestión privada y pública en esta industria. Se ha constatado que

no existe unanimidad sobre la estructura más eficiente (Fox y Hofler, 1985; Teeple y Glyer, 1987; Bhattacharyya et al., 1994 y 1995; Saal y Parker, 2000, 2001 y 2004; Estachey Rossi, 2002; Estache y Trujillo, 2003; García-Sánchez, 2006; Da Silva et al., 2007 y Saal et al., 2007). Una revisión de los trabajos que han estudiado la propiedad en esta industria se puede apreciar en Abbott y Cohen (2009) y García et al. (2010). Al respecto de la propiedad, Saal, et al. (2007) expresa que la presencia de ineficiencia tanto en las empresas privadas como las gestionadas por el Estado se debe a la falta de incentivos que puedan lograr la eficiencia en esta industria, ya que es un monopolio natural regulado.

En la Figura 1 se muestra el ciclo de agua en zonas donde una de las fuentes principales del agua, es el agua salada. A grandes rasgos, el ciclo del cual comprende dos grandes fases como son la producción y el transporte. Esta última se subdivide en transmisión y distribución. En este estudio se abarca la eficiencia de las empresas distribuidoras de agua.

Figura 1. Ciclo del agua



3. Caracterización Socioeconómica de los países de la muestra

Para efectuar la estimación de la eficiencia de las empresas que operan en este sector se han recabado datos de empresas ubicadas en Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, México, Panamá y Venezuela. A continuación se presenta una visión general de la situación social y económica de estos países (véase Tabla 2).

En el año 2001, Argentina sufrió una profunda crisis que revirtió los avances sociales y económicos, trayendo como consecuencia que más de la mitad de la población estuviese en situación de pobreza. En los últimos años ha vuelto a tener un crecimiento rápido, logrando bajar la pobreza y el desempleo a niveles similares a los anteriores a la crisis, a pesar de que la economía comenzó a desacelerarse en el 2008. En el año 2008 la población era aproximadamente 40 millones de habitantes y su PIB per cápita de 8.236 dólares estadounidenses. Argentina posee una importante gama de recursos naturales y una economía diversificada, siendo el sector manufacturero el que mayores recursos aporta al PIB.

Tabla 2. Situación social y económica de los países. Promedio de los años 2003 al 2006

País	Población total	Población urbana	Superficie (km ²)	PIB per cápita	Inflación
Argentina	38.558.114	91%	2.780.400	4.400,73	9,60
Bolivia	9.095.123	64%	1.098.581	1.038,21	4,36
Brasil	184.908.489	84%	8.514.877	4.295,60	8,09
Chile	16.211.567	87%	756.950	6.684,36	2,58
Colombia	42.722.481	73%	1.141.748	2.988,43	5,60
Ecuador	12.989.600	63%	256.370	2.694,61	4,03
México	102.595.278	76%	1.959.248	7.923,64	4,21
Panamá	3.203.556	70%	75.517	4.652,30	1,46
Venezuela	26.352.250	92%	916.445	4.964,62	20,61

Fuente: The World Bank. <http://www.worldbank.org/>

Bolivia es uno de los países más pobres y desiguales de América Latina, que cuenta con una gran población rural e indígena. En los últimos años se han implementado diversos programas sociales, nacionalizado los hidrocarburos y otros sectores, a la vez que se han creado empresas estatales. Entre 2006 y 2008 el crecimiento promedio del PIB fue de 4,7%, disminuyó a 3,4% en 2009, pero aun así fue el más alto de la región. No obstante, el ingreso per cápita se mantiene entre los más bajos de la zona. La actividad que genera mayores recursos es la minería, ubicándose entre los primeros productores de estaño.

El país más grande y desarrollado de Latinoamérica es Brasil. A nivel mundial ocupa un lugar importante en actividades agrícolas e industrial, pero su PIB per cápita no es el más alto de la zona y más del 15% de su población es rural. El crecimiento económico y el desarrollo de Brasil se vieron dificultados por la elevada inflación (1.928% y 2.076% para los años 1993 y 1994) y la deuda excesiva. Las reformas realizadas en la década de 1990 y las actuales políticas macroeconómicas y sociales han dado lugar a un largo período de estabilidad, crecimiento y bienestar social, propiciando un crecimiento económico sostenido, bajas tasas de inflación y mejoras en el bienestar social.

La economía de América Latina que ha crecido más rápidamente es Chile. Su tasa promedio de crecimiento anual per cápita era 4,1%, el segundo más alto de la zona en 2008. Su población aproximada era de 16 millones de habitantes, y alrededor del 85% viven en áreas urbanas. Su principal actividad es la minería, especialmente el cobre. En los últimos años, ha desarrollado las actividades agrícola y piscícola, alcanzando puestos importantes como exportador.

Colombia tuvo un periodo de sólido crecimiento desde 2001 a 2007 (4,6%), pero éste disminuyó a principios del 2008. El país, con casi el 28% de población rural, se enfrenta a tres grandes problemas: pobreza, desigualdad y violencia. Su PIB per cápita es de 5.416 dólares estadounidenses en el año 2008 y su economía ocupa la quinta posición de la zona, teniendo como principales actividades de exportación la petrolera y minería, acompañado de un sector agrícola que aporta destacados recursos al PIB nacional.

Con una población rural cercana al 40%, Ecuador tiene como principal recurso de exportación el petróleo, además de algunos productos agrícolas. Alcanzó un destacado crecimiento económico a principios de los 90; pero luego este sufrió un estancamiento debido a factores internos, externos y naturales que llevaron a situar la inflación cercana al 100% en el año 2000, alcanzando el 8,40% en 2008. El crecimiento económico se logró al anclar la economía en la dolarización en ese mismo año, alcanzando resultados satisfactorios con tasas de crecimiento alrededor del 6% para los siguientes años.

México es el tercer país en extensión en Latinoamérica y, a pesar de contar con una población rural cercana a su cuarta parte (un 47,4% aproximado de pobreza) y un 18,2% de extrema pobreza, es la segunda economía más grande de Latinoamérica y depende principalmente de las exportaciones de petróleo y del comercio con los Estados Unidos de América. Su PIB per cápita ocupaba el segundo lugar en la zona, con una inflación que no llegaba en promedio al 5%. Habiendo sido golpeada duramente por la crisis económica global de 2008, su economía está comenzando a recuperarse, principalmente en los sectores producción y comercio.

Panamá, con aproximadamente un 30% de su población ubicada en el sector rural, es el país más pequeño en extensión de Latinoamérica, pero ha tenido uno de los crecimientos más rápidos, debido a una extraordinaria bonanza que ha disparado el PIB a promedios de expansión de 10,4% para el período 2006-2008. Su economía se basa en el sector terciario, que aporta aproximadamente las tres cuartas partes del PIB. A pesar de este crecimiento, en 2008 más de un tercio de la población vivía en la pobreza y un 14,4% en pobreza extrema.

Venezuela es un país rico en recursos naturales, con una de las reservas más grandes de petróleo y minerales de América Latina y el Caribe. Desde la década de los 90, este país pasó por un período de gran volatilidad económica y política, llevando a cabo una reforma constitucional en 1999. Partiendo de una tasa de inflación cercana al 1.200% en 1996, se ha alcanzado el 31,4% en el 2008. A pesar de ello, en el año 2008, de acuerdo al Banco Mundial, Venezuela obtuvo el PIB per cápita más alto de los países Latinoamericanos. Su economía depende

del sector petrolero, que aporta un poco más del 30% del PIB y el 90% de las exportaciones. A partir del año 2004 se incrementó el gasto social y los niveles de pobreza han disminuido mayoritariamente durante el período 1995-2005 debido al aumento del ingreso real per cápita. La pobreza extrema se ha reducido a un 19% de la población durante el mismo período.

4. La industria del agua en América Latina

Los modelos de gestión de agua en Latinoamérica son variados. Pueden encontrarse situaciones que van desde una legislación liberal inspirada en el modelo inglés, como es el caso de Chile a otra en donde se considera como un privilegio, el uso comunitario de las aguas superficiales, como es el caso de Bolivia. En casi todos los países existe una autoridad única del agua, las inversiones están íntimamente ligadas a la necesidad de desarrollo y en su mayoría son realizadas por el Estado. Un resumen de la situación se presenta en la Tabla 3.

En la década de los 90 del siglo pasado, como consecuencia de las reformas impuestas por el Banco Mundial y el Banco Interamericano de Desarrollo, este sector fue expuesto a la privatización en casi toda Latinoamérica. En algunos países tuvo éxito, mientras que en otros fue una catástrofe, como por ejemplo en Argentina. Actualmente, los sistemas urbanos de agua potable de Latinoamérica más grande y rentables se encuentran en manos privadas, mientras que aquellos que no sobrevivieron al proceso de privatización han regresado a manos del Estado. En términos generales, la responsabilidad del servicio de distribución de agua potable en los países estudiados recae en el poder municipal y el tipo de contrato predominante es la concesión a empresas operadoras.

Datos

Para estudiar la eficiencia en la industria de agua en Latinoamérica se han empleado datos de 510 empresas, que operan en los países anteriormente descritos. El periodo de estudio comprende los años 2003 a 2006, de manera que la muestra cuenta con 1.148 observaciones. En la Tabla 4 se aprecia la cantidad total de observaciones distribuidas por país y año. La mayor disponibilidad de datos se encuentra en los años 2005 y 2006, siendo Brasil el país que mayores observaciones aporta.

Tabla 3. Caracterización del servicio de agua potable y alcantarillado

País	Nivel de competencia del servicio	Tipos de operador	Propiedad de la infraestructura	Tipo de contrato
Argentina	Municipal	Público Privado	Público	Concesión
Bolivia	Municipal	Público	Público	Concesión
Brasil	Municipal	Mixto/privado Público	Público	Concesión Contrato de Mantenimiento Operación y Mantenimiento Arrendamiento
Chile	Municipal	Público Privado	Privado	No Disponible
Colombia	Municipal	Mixto/privado Público	Público	Concesión Arrendamiento
Ecuador	Municipal	Público Privado	No Disponible	Concesión
México	Municipal	Público Privado	Público	Concesión Contrato de Mantenimiento Operación y Mantenimiento Arrendamiento
Nicaragua	Nacional	Público	Público	Concesión
Panamá	Nacional Municipal	Público	Público	No Disponible
Venezuela	Municipal	Público	Público	Concesión

Fuente: Elaboración propia (2013)

Los datos referidos a la industria de agua fueron tomados de International Benchmarking Network (IBNET), que es una red internacional de comparaciones de empresas de agua y saneamiento que combina información sobre el desempeño de las empresas de servicios públicos de todo el mundo y apoya los esquemas de comparaciones, a fin de que se convierta en una práctica generalizada en el sector a nivel

mundial¹. Otros autores que han utilizado estos datos para análisis de eficiencia son Nauges y Van den Berg (2007, 2008). Los datos económicos se obtuvieron de la página web del Banco Mundial.

Variables

La caracterización de la industria de agua se ha realizado utilizando las siguientes variables. Los *inputs* son los siguientes: trabajo, medido por el número total de personal por millar de conexiones; energía, como un porcentaje del gasto total; y otros gastos, determinados a través de la diferencia entre el gasto total operativo y los gastos de mano de obra y energía. Como *outputs* se emplearon agua suministrada y agua vendida. La primera está representada por el total de agua anual provista al sistema de distribución incluyendo la comprada; y la segunda, se determina a través del total de agua anual facturada por población servida. Esta última variable, importante en los países latinoamericanos, es consecuencia de que gran parte del agua suministrada no es facturada debido a conexiones ilegales, mal funcionamiento de los medidores instalados y fugas del sistema de distribución.

Como variables ambientales explicativas de la ineficiencia se consideraron las 4 siguientes: cobertura de agua, definida por la población con fácil acceso a servicios de agua entre la población total bajo responsabilidad de la empresa; volumen de agua perdida por conexiones; el número de conexiones medidas, que representa el número total de conexiones con medidor funcionando por número total de conexiones; agua vendida medida, representada por el agua vendida y medida por volumen total de agua vendida; y el agua perdida en red, equivalente a la pérdida por kilómetro de red y por día.

En las Tablas 5 y 6 se presenta la media de las variables por países. Debe destacarse que Brasil es el país con mayor número de observaciones, por lo que la media de todas las variables en este país se aproxima a la media total de la muestra. En las variables agua suministrada y vendida, Panamá y Venezuela se alejan mucho de la media. Este último país está por debajo de la media en personal, gastos de electricidad, conexiones medidas y agua vendida medida; mientras que supera con creces la media de agua perdida en la red.

¹ The World Bank. <http://www.data.worldbank.org/country> Fecha de consulta 5/10/2010

Tabla 5. Productos y factores. Medias para cada país

País	Agua suministrada (m ³ /conexiones /mes)	Agua vendida (m ³ /conexiones /mes)	Personal (persona/1.000 conexiones)	Electricidad (% del gasto total)	Otros gastos (US\$ por año)
Argentina	44,38	32,75	1,95	10,50	29,21
Bolivia	26,25	18,75	2,58	13,00	40,76
Brasil	29,64	18,70	3,80	25,64	34,56
Chile	37,31	27,38	1,05	5,77	141,40
Colombia	34,91	18,73	3,20	31,84	22,49
Ecuador	86,00	25,00	1,10	13,00	132,10
México	33,23	19,85	3,58	19,15	66,13
Panamá	81,50	48,00	3,10	41,00	49,87
Venezuela	90,00	39,00	1,90	3,00	44,27
Media del total de la muestra	30,42	18,98	3,70	39,24	35,38

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de Banco Mundial (2013)

Chile y Ecuador, seguido de Venezuela y Argentina tienen la menor cantidad de trabajadores; el primero es también el único país donde los activos son de propiedad privada, de acuerdo con lo comentado anteriormente. En cuanto al porcentaje de gastos de electricidad, Venezuela y Chile también están muy por debajo de la media. En Venezuela este factor se encuentra altamente subsidiado por parte del Estado. La variable otros gastos es mayor en gran proporción en Ecuador y Chile, quienes triplican la media. Los demás países se encuentran alrededor del promedio total de la muestra estudiada.

En cuanto al agua perdida, bien sea medida por kilómetros de red o por conexiones, Ecuador, Panamá y Venezuela, llegan a triplicar la media de la muestra. Por otra parte se aprecia la baja medición de los contadores en Argentina y Venezuela. El caso anterior se da también para el agua vendida medida; lo que refleja la escasa atención que estos países prestan a la medición del agua que se distribuye.

Tabla 6. Variables ambientales. Medias para cada país

País	Agua perdida en la red (m3/kilometro/día)	Agua perdida (m3/conexiones/día)	Número de medidores leídos (%)	Agua vendida medida (%)	Cobertura de agua (%)
Argentina	33,00	0,36	22,00	24,13	93,6
Bolivia	17,75	0,25	85,50	79,25	84,5
Brasil	28,08	0,36	82,30	83,12	81,1
Chile	30,46	0,32	89,46	97,00	99,8
Colombia	82,37	0,53	84,59	83,95	87,9
Ecuador	206,00	2,00	49,00	80,00	68,0
México	33,69	0,45	62,85	65,62	98,9
Panamá	106,00	1,10	44,50	44,50	91,0
Venezuela	166,00	1,70	28,00	26,00	95,0
Media del total de la muestra	32,41	0,38	81,77	82,59	88,88

Fuente: Elaboración propia (2013)

Un factor a destacar en la muestra de estudio es que el porcentaje de cobertura muestra valores altos en la mayoría de los países, excepto en Ecuador, Bolivia, Brasil y Colombia, que son también los países con mayor población rural. En el primero de ellos la tasa de cobertura no llega ni al 70% de la población, lo cual es preocupante. Cabe mencionar que entre los Objetivos de Desarrollo del Milenio, declarados por la Organización de las Naciones Unidas en el año 2000, una de las metas establecidas fue “reducir a la mitad, para el año 2015, el porcentaje de personas sin acceso sostenible al agua potable y al saneamiento básico”; por lo tanto, estos países deben dedicar mayores esfuerzos para poder cumplir con esta meta.

También se evaluó si el tamaño de la organización, medido a través de la población atendida, incide en la ineficiencia. Para ello se elaboró una variable *dummy* que toma valor 5 si la población es menor de 50.000 habitantes; 4 si está comprendida entre 50.000 y 100.000; 3 si se ubica entre 100.000 y 500.000 habitantes; 2 si tiene entre 500.000 y 1.000.000 habitantes; y finalmente 1 si excede de 1.000.000 de habitantes.

En la Tabla 7 se muestra la distribución de las empresas por país y de acuerdo con la población bajo su radio de acción; se aprecia que un poco más de la mitad de los datos corresponden a empresas que suministran a la población con menos de 50.000 habitantes y que la gran mayoría de estas se concentran en Brasil. Es de recordar que este último es el país con mayor extensión (véase Tabla 3) y posee una gran distribución política-administrativa (27 provincias).

Tabla 7. Distribución de las empresas por la cantidad de población atendida

País	Población atendida(N° de habitantes)					Total
	Menos de 50.000	50.000	100.000	500.000	Más de 1.000.000	
		- 100.000	- 500.000	- 1.000.000		
Argentina	1	1	2	1	2	7
Bolivia	0	0	1	1	1	3
Brasil	240	71	77	8	26	422
Chile	1	1	5	3	3	13
Colombia	19	11	14	2	3	49
Ecuador	0	0	0	0	1	1
México	3	4	1	2	3	13
Panamá	0	0	0	0	1	1
Venezuela	0	0	0	0	1	1
Total	264	88	100	17	41	510

Fuente: Elaboración propia (2013)

5. Metodología y modelos

La eficiencia de las empresas puede ser medida de diferentes formas. Una de ellas es el método de fronteras que consiste, básicamente, en comparar las empresas. Las que tengan mayor eficiencia, formarán la frontera, luego se determina que tan ineficiente son las demás con respecto a la frontera.

La eficiencia en la producción descansa en la comparación de la actuación real de una empresa con una actuación óptima; es decir, se

comparan los valores observados de productos y factores con los valores óptimos de los mismos. El óptimo que la empresa podría alcanzar surge de la evidencia del óptimo alcanzado por otras empresas. Esta concepción tiene como características, en primer lugar, que se trata de un concepto relativo. Esto se debe a que la eficiencia de una empresa se mide en relación a la frontera, que ha sido definida por el conjunto de empresas. Por lo tanto, un cambio en el conjunto de las empresas analizadas, supondrá una variación de la eficiencia calculada. De ahí que una empresa que en un entorno nacional se muestra altamente eficiente, podría serlo mucho menos si la comparación se hace a nivel internacional.

Por otra parte, la eficiencia técnica, que tiene una dimensión física, se refiere a la capacidad de las empresas para obtener el máximo producto con los recursos que se encuentran a su disposición; o, alternativamente, la habilidad con que aquellas utilizan la menor cantidad posible de factores para alcanzar un determinado nivel de producción.

Para medir la eficiencia técnica existe una doble aproximación: orientación al *output* u orientación al *input*. La primera refleja cuánto puede aumentar una empresa su producción a partir de una dotación dada de factores productivos. La segunda, que es la empleada en este trabajo, consiste en averiguar en qué cuantía una empresa puede reducir el uso de factores para obtener un nivel dado de producción.

Por lo tanto, la medida de la eficiencia está ineludiblemente unida a la estimación de una frontera, ya que para estimar la eficiencia de una unidad productiva es preciso contar con un estándar con el cual realizar la evaluación. Por ejemplo, para afirmar que una empresa de agua, con los medios que se encuentran a su disposición (trabajadores, infraestructura, redes de distribución, electricidad, elementos químicos, entre otros.), puede reducir el número de trabajadores en un 20%, es preciso conocer con anterioridad la referencia usada para medir el 100%. Una vez que se ha estimado la frontera, la eficiencia muestra cómo se comporta la empresa en relación con el rendimiento de las mejores empresas de la industria, si estas se enfrentaran con las mismas condiciones que la empresa analizada.

De las técnicas existentes para estimar la frontera se ha utilizado la función de distancia estocástica debido a que permite reflejar la naturaleza multiproducto de la industria de agua. Es una técnica novedosa y su aplicación en este sector se limita a los trabajos de Saal et al. (2007) y Berg y Lin (2008). La función de distancia permite describir tecnologías que utilizan múltiples *inputs* para producir varios *outputs* sin tener que suponer un determinado comportamiento optimizador (maximización de la ganancia o minimización de los costos). Saal et al. (2007) justifican su aplicación en este sector por la naturaleza de la producción y la regulación a la que es objeto el servicio.

La función de distancia orientada a los *inputs* se define como el mayor escalar por el que se pueden dividir proporcionalmente todos los factores de producción y seguir produciendo el mismo nivel de *outputs*. La forma funcional empleada para la medición de la eficiencia fue la translogarítmica, y se muestra a continuación:

$$\begin{aligned}
 -\ln(x_{kit}) = & \alpha_0 + \sum_{m=1}^M \alpha_m \ln y_{mit} + \frac{1}{2} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M \alpha_{mn} \ln y_{mit} \ln y_{nit} \\
 & + \sum_{k=1}^{K-1} \beta_k \ln x_{kit} + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^{K-1} \sum_{l=1}^{K-1} \beta_{kl} \ln x_{kit} \ln x_{lit} \\
 & + \sum_{k=1}^{K-1} \sum_{m=1}^M \delta_{km} \ln x_{kit} \ln y_{mit} + \sum_{p=1}^P \xi_p z_{pit} - \ln(D_{it})
 \end{aligned}$$

En donde: y es el vector de productos, que va desde $m, n = 1$ hasta M ; x es el vector de *inputs*, que va desde $k, l = 1$ hasta K ; i es la empresa i -ésima; t es el periodo de tiempo; z representa las características exógenas, que van desde $p = 1$ hasta P ; siendo α , β , δ , y ξ los parámetros a estimar. El término de distancia $-\ln(D_{it})$ puede considerarse como un término de error que explica las diferencia entre los puntos observados y los estimados por la función.

La estimación se ha realizado por el método de máxima verosimilitud, empleando el programa Frontier 4.1 (Coelli, 1996). Se estimaron 4 modelos, aplicando el modelo de Battese y Coelli (1995), que difieren entre sí en las variables ambientales que influyen en la ineficiencia (véase Tabla 8).

Tabla 8. Variables empleadas por modelos

Variable		Modelo			
		I	II	III	IV
Outputs	Agua suministrada (AgSum)	✓	✓	✓	✓
	Agua vendida (AgVed)	✓	✓	✓	✓
Inputs	Trabajo (Trab)	✓	✓	✓	✓
	Energía (Energ)	✓	✓	✓	✓
	Otros gastos (Otgas)	✓	✓	✓	✓
Variables ambientales	Agua perdida en la red (AgPerRed)				✓
	Agua perdida por conexiones (AgPerConx)	✓	✓	✓	✓
	Medidores leídos (MedLei)	✓	✓	✓	
	Agua vendida medida (AgVedMed)	✓			✓
	Cobertura de agua (Cob)	✓		✓	✓
	Tamaño de la empresa	✓	✓	✓	✓

Fuente: elaboración propia

6. Resultados

De los modelos estimados, el modelo III es el que presenta los mejores resultados y por este motivo, es el elegido para interpretar los resultados.²

De los factores productivos, el que mayor incidencia tiene es el trabajo. Es preciso hacer notar que, por no contar con una variable que represente el capital, factor importante en esta industria, es la fuerza laboral la que ocupa la primacía. La electricidad también posee una alta incidencia en el servicio de agua potable y aguas residuales, ya que es necesaria para colocar el agua en las diferentes zonas; por otra parte, su incidencia será mayor cuanto mayor sea la altitud entre la zona de tratamiento y de distribución, como ocurre en los países de la cordillera andina.

²Para determinar el modelo que mejor se ajusta a la muestra, se han contrastado los diferentes modelos propuestos empleando el test del ratio de verosimilitud. Este estadístico sigue una distribución chi cuadrado, con tantos grados de libertad como restricciones se hayan impuesto en la hipótesis nula. El Modelo III representa razonablemente la medida de eficiencia de la muestra, las otras dos hipótesis contrastadas son rechazadas a favor del modelo completo a un nivel del 99,9%.

Se aprecia también la influencia en la ineficiencia de las variables cobertura de agua y el agua perdida por conexiones.

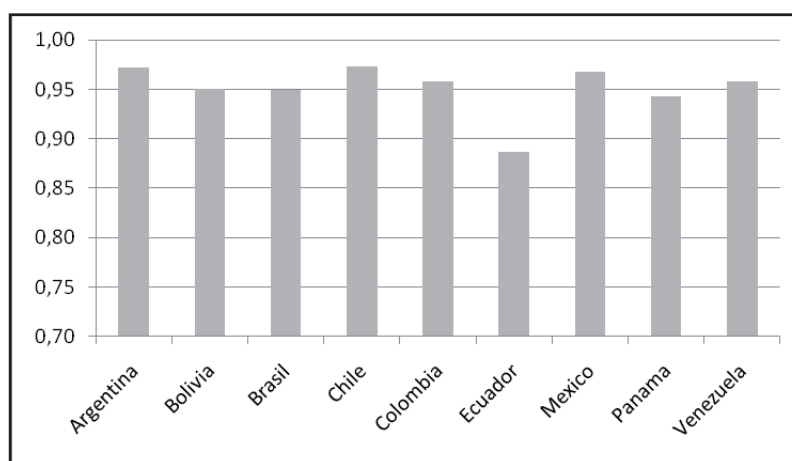
En gran parte de los países latinoamericanos los gobiernos se preocupan por cubrir la mayor población posible. La variable cobertura de agua es más significativa en los países con una alta población rural, como es el caso de Bolivia y Ecuador. En este sentido, la mayoría de las directrices y objetivos de los responsables de las organizaciones van dirigidos a cubrir una parte importante de la población que tienen bajo su responsabilidad. Es por ello que mientras menos cobertura de población tiene las empresas, estas son más ineficientes. Esto indica que las empresas, para ser más eficientes, tienen que abarcar un mayor número de habitantes.

Además de la variable anterior, las empresas hidrológicas se preocupan por disminuir el agua perdida, pues en algunos países esta llega a alcanzar más del 50% de las aguas despachadas. Un control sobre éstas, permitirá el uso del agua de una manera eficiente. En el modelo III se demuestra que mientras mayor sea la pérdida de agua por conexiones, las empresas serán más ineficientes.

También se destaca como significativo el tamaño de la empresa, resaltando el modelo que mientras más grandes son las empresas, más ineficientes son; sin embargo, las del tamaño medio son las que presentan un nivel de eficiencia más alto. Es preciso tener en cuenta que aproximadamente la mitad de la muestra corresponde a empresas de pequeño tamaño, muchas de las cuales abarcan pequeños municipios.

En cuanto a la eficiencia para cada uno de los países, en la Figura 2 se muestra el promedio por país. Se aprecia que esta media es alta y similar en la mayoría de los países, exceptuando Ecuador. Los dos primeros lugares los ocupan Chile y Argentina, seguidos de México y Venezuela. Brasil, que tiene el mayor número de datos, se sitúa en la séptima posición. No obstante si el análisis se efectúa, no promediando por país, sino a nivel de empresas en los 10 primeros lugares se encuentran 7 empresas de Brasil. Las otras 3 empresas son de Colombia.

Figura 2. Eficiencia promedio (modelo III), por país



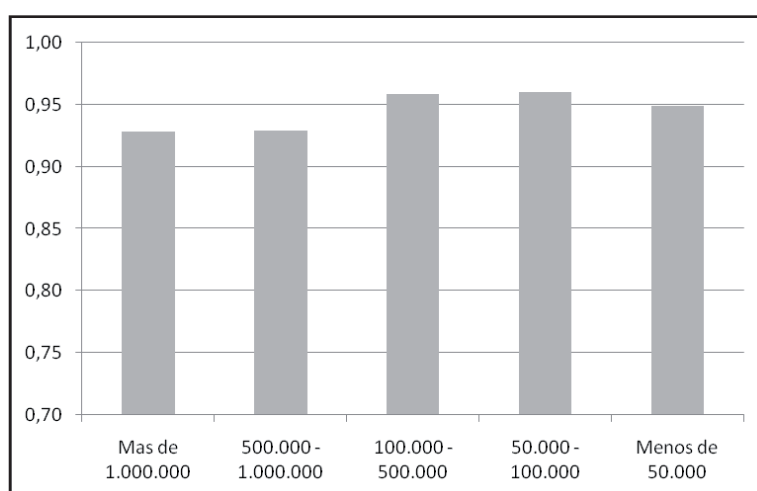
Fuente: elaboración propia

Chile, que ocupa el primer lugar de eficiencia promedio, posee el menor número de personas por millar de conexiones así como uno de los más bajos costes de electricidad. Su éxito también es apoyado por el menor promedio de pérdida de agua y la mayor agua vendida que es medida, lo que le ayuda a destacarse entre sus vecinos. En Argentina por su parte, además de apoyarse en los dos *inputs* mencionados anteriormente, una importante contribución la tiene de la pequeña cantidad en otros gastos; pero tiene como desventaja el poco interés en la medición del agua, bien sea a través del número de conexiones o del agua vendida. Ecuador, en último lugar, tiene una de las más bajas cantidades de personal, pero en contraposición posee la mayor cantidad de otros gastos, el mayor número de agua pérdida y un bajo número de conexiones medidas.

Los comentarios realizados sobre Chile, Argentina y Ecuador, confirman la elección acertada de las variables para explicar la ineficiencia de las empresas, y destacan que el mejor uso de los *inputs* y el control de las variables ambientales, ayudan a mejorar la eficiencia de las empresas latinoamericanas operadoras de agua.

Como se comentó anteriormente, el tamaño de la empresa, medida ésta por la cantidad de población atendida, incide en la ineficiencia de la organización. En la Figura 3 se aprecia que el mayor promedio de eficiencia lo poseen las empresas que atienden entre 100.000 y 500.000 habitantes, seguidas por las empresas que atienden menor población.

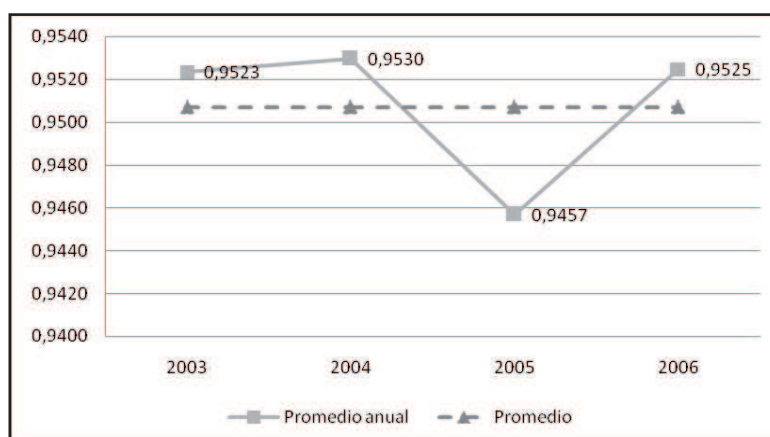
Figura 3. Eficiencia promedio (modelo III), por población atendida



Fuente: elaboración propia

En la Figura 4 puede apreciarse el comportamiento del promedio de eficiencia por año comparada con el promedio total. Se aprecia que los primeros años la eficiencia se mantuvo por encima de la media del modelo, mientras para el año 2005 desciende, para luego volver a ubicarse por encima. En cualquier caso, la eficiencia por año no difiere mucho de la media del modelo, siendo la diferencia de menos de un punto porcentual.

Figura 4. Eficiencia promedio (modelo III)



Fuente: Elaboración propia

En la tabla 9 se muestran los índices de productividad de los factores para cada uno de los años en estudio. Se aprecia que la situación del uso del trabajo mejoró para el año 2005; pero no fue así para el caso de la electricidad y otros gastos, que descendieron para este año. Esta baja productividad en estos factores, pueda ser la razón del descenso del índice de eficiencia para el año 2005. El mejor índice de trabajo lo tiene Ecuador y Chile, mientras que el de electricidad y otros gastos, lo tienen Venezuela y Colombia. Caso particular el de Venezuela, que supera en cuatro veces a su seguidor inmediato en el uso de la electricidad.

Tabla 9. Índice de productividad de los factores

Índice	Año			
	2003	2004	2005	2006
Índice AgSum/Trab	151,37	127,92	159,30	120,55
Índice AgSum/Energ	34,16	31,48	28,79	27,15
Índice AgSum/Otgas	36,36	29,94	25,92	18,89
Índice AgVed/Trab	89,10	76,58	98,34	76,50
Índice AgVed/Energ	22,04	20,36	18,18	19,05
Índice AgVed/Otgas	21,29	19,46	17,14	13,33

Fuente: Elaboración propia

En resumen, los resultados comentados dan cuenta de la creciente preocupación de las empresas que prestan el servicio de agua y alcantarillado en Latinoamérica por ser eficientes. Destaca la importancia del factor trabajo, la energía y otros gastos, así como las pérdidas de agua y cobertura como variables explicativas de la ineficiencia. Por otra parte, evidencian que el mayor promedio de eficiencia se concentra en los países con una próspera situación económica y ha venido mejorando a lo largo de los años en estudios.

7. Conclusiones y recomendaciones

En este trabajo se ha estimado la eficiencia en la industria de agua para 510 empresas que operan en 9 países Latinoamericanos durante el período 2003-2006, utilizando una función de distancia. Se construyeron 4 modelos de frontera estocástica. Del análisis de los resultados surgen los siguientes elementos a destacar. En primer lugar, destaca la importancia de la cobertura de agua y del agua perdida por conexiones, que se configuran como factores importantes que influyen directamente en la eficiencia de las empresas.

Por otra parte la eficiencia promedio para la muestra objeto de estudio es alta, ocupando las primeras 10 posiciones empresas radicadas en Brasil y Colombia. En lo que respecta al promedio de eficiencia por país, los valores más elevados se alternan entre Chile, Argentina y México. Si la eficiencia es clasificada de acuerdo con el tamaño de las empresas, el mayor promedio lo exhiben las empresas medianas.

El modelo estimado presenta un resultado razonable de la eficiencia por los países y años de la muestra. No obstante; los resultados en general deben tomarse con cautela. Los mismos ponen de manifiesto la importancia de mejorar el sistema de recogida de datos en las fuentes empleadas. Así, IBNET y ADERASA no incluyen todos los países y sus diferentes empresas para todos los años, como por ejemplo, datos sobre la longitud de la red o el valor de los activos netos.

Por otra parte, la baja instalación de medidores a nivel de consumidor, hace que las empresas no cuenten con información que les permitan facturar lo que en realidad se ha consumido y, por tanto, no

se determinan exactamente las pérdidas en la red; aunado a esto se encuentra el problema de las tomas ilegales, que es un factor muy presente en algunos países latinoamericanos.

A modo de recomendación, en cuanto a las operaciones de la industria, se deben tomar acciones correctivas sobre las pérdidas de agua, pues esta tiene un promedio de 32 m³/km/día en la muestra estudiada. Esto ayudaría a mejorar la eficiencia de las empresas y a contribuir al ahorro del agua, pudiéndose fijar metas de cumplimiento de 5 o más años.

Por otra parte, la calidad del agua no pudo ser empleada en este estudio; pero dada su incidencia en la salud, se recomienda su incorporación en próximos trabajos. Es importante que los gobiernos controlen esta variable y hagan hincapié en su cumplimiento, dado el bajo índice de salud que muestran algunos países latinoamericanos.

Es importante que los diferentes gobiernos continúen con su política de cobertura de agua potable y aguas residuales, pudiendo así cumplir con las metas fijadas por la Organización de las Naciones Unidas. Además, tal preocupación debe dedicarse al sector rural, pues el servicio aquí no tiene la misma tasa de crecimiento del sector urbano. Esta preocupación debe ser más insistente en aquellos países latinoamericanos cuyo índice de pobreza es mayor y que tienen una alta tasa de población rural.

Para finalizar, se sugiere incentivar la creación de una red académica latinoamericana, en la cual las operadoras se comprometan a suministrar información sobre su gestión, a fin de contar con una base más completa y de calidad que permitan hacer evaluaciones sobre su gestión, y con ello hacer aportes para el mejoramiento de la misma.

Referencias Bibliográficas

Abbott, Malcom y Cohen, Bruce (2009). Productivity and efficiency in the water industry. *Utilities policy*, 17 (3-4), 233-244.

Bhattacharyya, Arunava; Parker, Elliot y Raffiee, Kambiz (1994). An examination of the effect of ownership on the relative efficiency of public and private water utilities, *Land Economics*, 70 (2), 197-209.

Bhattacharyya, Arunava; Harris, Thomas; Narayanan, Rangesan y Raffiee, Kambiz (1995). Allocative efficiency of rural Nevada water systems: a hedonic shadow cost function approach, *Journal of Regional Science*, 35(3), 485-501.

Battese, George y Coelli Tim (1995). *A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data*. *Empirical Economics*, 20, 325-332.

Berg, Sanford y Lin, Chen (2008). Consistency in performance rankings: the Peru water sector, *Journal of Applied Economics*, 40(6), 793-805.

Clark, Robert y Stevie, Richard (1981). A water supply cost model incorporating spatial variables, *Land Economics*, 57 (1), 18-32.

Coelli, Tim (1996). A guide to FRONTIER version 4.1: A computer program for stochastic Frontier production and cost function estimation, *CEPA Working Paper 96/7, Department of Econometrics, University of New England, Armidale NSW Australia*.

Corton, María Luisa y Berg, Sanford (2009). Benchmarking Central America water utilities, *Utilities Policy*, 17 (3-4), 267-275.

Da Silva e Souza, Geraldo, Coelho de Faria, Ricardo y Moreira, TTito Belchior (2007). Estimating the relative efficiency of Brazilian publicly and privately owned water utilities: a stochastic cost frontier approach, *Journal of the American Water Resources Association*, 43 (5), 1237-1244.

Estache, Antonio y Rossi, Martin (2002). How different is the efficiency of public and private water companies in Asia, *World Bank Economic Review*. 16.

Estache, Antonio y Trujillo Lourdes (2003). Efficiency effects of privatization in Argentina's water and sanitation services, *Water Policy*, 5 (4), 369-380.

Fabbri, Paola y Fraquelli, Giovanni (2000). Cost and structure of technology in the Italian water industry, *Empirica*, 27 (1), 65-82.

Ferro, Gustavo, Lentini, Emilio, Mercadier, Augusto y Romero, Carlos (2010). Returns to scale in water and sanitation: estimates for Latin America, *Munich Personal RePEc Archive*, paper 20324.

Ford, J. L. y Warford, J. J. (1969). Cost functions for the water industry. *Journal of industrial Economics*, 18.

Fox, William y Hofler, Richard (1985). Using homothetic composed error frontiers to measure water utility efficiency, *Southern Economic Journal*, 53.

García, Miguel, González, Francisco y Guardiola Jorge (2010). Performance and ownership in the governance of urban water, *Institution of Civil Engineers*. En prensa.

Garcia, Serge y Thomas, Alban (2001). The structure of municipal water supply costs: application to a panel of French local communities, *Journal of Productivity Analysis*, 16.

García-Sánchez, Isabel (2006). Efficiency measurement in Spanish local government: the case of municipal water services, *Review of Policy Research*, 23.

International Benchmarking Network.(IBNET).Base de datos.Disponible en: <http://www.ib-net.org/sp/production/>. [Consulta, 2010, mayo, 20].

Kim, H. Youn (1987). Economies of scale in multi-product firms: an empirical analysis, *Economica*, 54, 185-206.

Koenig, L. (1966). Studies relating to market for advanced waste treatment.

Nauges, Celine y van den Berg, Caroline (2007). How “natural” are natural monopolies in the water supply and sewerage sector? Case studies from developing and transition Economies, *World Bank Policy Studies*, 4137.

Nauges, Celine y van den Berg, Caroline (2008). Economies of density, scale and scope in the water supply and sewerage sector: a study of four developing and transition economies, *Journal of Regulatory Economics*, 34 (2), 144-163.

Romero, Carlos y Ferro, Gustavo (2006). Benchmarking de empresas de agua y saneamiento de Latinoamérica sobre la base de datos de ADERASA. Años 2003-2004 y 2005. Disponible en http://www.aderasa.org/docs_bench/docs_bench_comp/BMK_empresas_de_agua_y_saneamiento_de_Latinoamerica_sobre_las_BD_ADERASA_2003_2004_2005_Carlos_Romero-Gustavo_Ferro.pdf. Fecha de consulta 19/10/2009.

Romero, Carlos y Ferro, Gustavo (2009). Estudio de fronteras de eficiencia Empresas de agua y alcantarillado de América Latina Base de datos de ADERASA - Años 2003 a 2008. Disponible en http://www.aderasa.org/docs_bench/ADERASA_Estudio_Fronteras_Eficiencia_2009.pdf. Fecha de consulta 20/02/2010.

Saal, David y Parker, David (2000). The impact of privatization and regulation on the water and sewerage industry in England and Wales: a translog cost function model, *Managerial and Decision Economics*, 21 (6), 253-268.

Saal, David y Parker, David (2001). Productivity and price performance in the privatized water and sewerage companies of England and Wales, *Journal of Regulatory Economics*, 20 (1), 61-90.

Saal, David y Parker, David (2004). The comparative impact of privatization and regulation on productivity growth in the English and Welsh water and sewerage industry 1985-99, *International Journal of Regulation and Governance*, 4 (2), 139-170.

Saal, David, Parker, David y Weyman-Jones, Tom (2007). Determining the contribution of technical change, efficiency change and scale change to productivity growth in the privatized English and Welsh water and sewerage industry: 1985-2000, *Journal of Productivity Analysis*, 28 (1), 31-40.

Teeples, Ronald y Glyer, David (1987). Cost of water delivery systems: specification and ownership effects, *Review of Economics and Statistics*, 69, 399-407.

Thanassoulis, Emmanuel (2000). The use of data envelopment analysis in the regulation of UK water utilities: water distribution, *European Journal of Operational Research*, 126 (2), 436-453.

TheWorld Bank. Disponible en <http://www.data.worldbank.org/country>
Fecha de consulta 5/10/2010

Torres, Marcelo y Morrison, Catherine (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 (1), 104-120.

Trujillo, Lourdes (1993). Análisis de la fijación de precios en un servicio de suministro urbano de agua. (Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España, Tesis doctoral).