HAL
open science

Estimación de frontera de producción para el sector de agua y saneamiento en América Latina

Gustavo Ferro, Covelli Paula, Carlos A. Romero

To cite this version:

Gustavo Ferro, Covelli Paula, Carlos A. Romero. Estimación de frontera de producción para el sector de agua y saneamiento en América Latina. 2010. hal-00468068

HAL Id: hal-00468068

https://hal.science/hal-00468068v1

Preprint submitted on 29 Mar 2010

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

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

Estimación de frontera de producción para el sector de agua y saneamiento en América Latina

María Paula Covelli[1], Gustavo Ferro[2] y Carlos Adrián Romero[3]

Abstract:

This article has the aim to estimate stochastic frontiers to determine relative efficiency over a sample of Latin American water and sanitation providers, with panel data for the period 2003-2008. The study searches as a byproduct information which helps a regulatory use. It has as novelties, the more recent regional database, the first study on a panel for the region, a discussion on the variables and the better functional specification to describe the technology in use.

The regulatory employment of the results can follow a far reach approach, or more limited ones. In the first case ("yardstick competition"), the estimates are instruments to discuss tariffs and performance goals; a second, more limited approach, specially in the international arena, could yield consensus on some standards and practices which can be set looking to better situated peers. In the middle, the approach known as "sunshine competition" has as aim showing best practices and exposing good and bad cases ("naming and shaming").

The production frontier which best fits is a Translog, of the type time varying decay (TVD) model, which point out that the inefficiencies are variable in time and also that they are posible to control by the providers (random effects).

Resumen:

Este trabajo tiene como objetivo efectuar estimaciones econométricas sobre eficiencia relativa de empresas prestadoras de agua y saneamiento sobre una muestra en América Latina, con datos de panel para el período 2003-2008. El estudio procura como importante subproducto, aportar información para uso regulatorio. Tiene como novedades el uso de la base de datos regional más reciente, el primer estudio de panel realizado para la región, la discusión sobre las variables y la forma funcional que mejor caracterizan la tecnología.

El uso regulatorio de los resultados puede seguir un enfoque de máxima u otros más limitados. En el primero (yardstick competition), utiliza las estimaciones para discutir tarifa y metas de desempeño, el segundo uso, más modesto y realista, especialmente en un contexto internacional, permite como mínimo consensuar estándares piso de desempeño y emular pares de realidades cercanas, un intermedio (sunshine competition) tiene como objetivo poner en evidencia mejores prácticas y activa o pasivamente exponer las que pueden ser mejoradas por emulación ("nombrar y avergonzar").

La función de producción cuyo ajuste es preferido tiene una forma funcional Translog, la cual recoge como variables explicativas la influencia cuadrática de los insumos capital y trabajo, y su interacción. La formulación que mejor ajusta es de tipo TVD, indicando que las ineficiencias varían en el tiempo y son posibles de controlar por las firmas (efectos aleatorios).

Key words: frontera estocática, agua y saneamiento, América Latina

Word count: 9524-2970 bibliografía

[1] Departamento de Economía UADE, mpcovelli@gmail.com.
[2] Instituto de Economía UADE and CONICET, gferro@uade.edu.ar .
[3] Instituto de Economía UADE, cromero@uade.edu.ar .

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo tiene como objetivo efectuar estimaciones econométricas sobre eficiencia relativa de empresas prestadoras de agua y saneamiento sobre una muestra en América Latina, con datos de panel para el período 2003-2008. El estudio procura como importante subproducto, aportar información para uso regulatorio. Las estimaciones requieren en simultáneo el análisis de variables a incluir y formas funcionales relevantes. En otros sectores donde se han realizado previamente estudios de este tipo, como electricidad, hay un consenso sobre estos dos últimos aspectos. De ese modo, este artículo aporta a la discusión la novedad de la base de datos regional más reciente, el primer estudio de panel realizado para la región, la discusión sobre las variables y la forma funcional que mejor caracterizan la tecnología.

La teoría orienta a estimar funciones de producción y costos y realizar estudios de fronteras para comparar contra ellas las situaciones particulares específicas de firmas individuales. En general, una función de producción relaciona producto contra insumos, y una de costos, a éstos con el producto físico y los precios de los insumos. El conocimiento de la práctica de un sector en particular proporciona el detalle necesario en el análisis para intentar estimar consideraciones "ambientales", que le den especificidad a las estimaciones, especialmente considerando que un uso primordial de estos estudios es el regulatorio. Se llaman variables ambientales o hedónicas (o "de control" en el específico caso de estimaciones econométricas) a detalles que diferencian el ambiente de operaciones, regulatorio (exigencias de mayor o menor calidad), geográfico (un servicio donde hay que conducir líquidos en llanura versus aprovechamiento de gravedad), de fuentes (subterránea versus superficial), de condiciones de distribución (dispersa o concentrada), restricciones climáticas, estado de la red, etcétera.

El uso regulatorio de los resultados puede seguir un enfoque de máxima u otros más limitados. En el primero, utiliza las estimaciones para discutir tarifa y metas de desempeño. Hargreaves et al. (2006), reseña su uso en la *competencia por comparación* en Inglaterra y Gales para fijar el factor X en la fórmula automática de indexación de la tarifa (*"yardstick competition"*). El segundo uso, más modesto y realista, especialmente en un contexto internacional, permite como mínimo consensuar estándares piso de desempeño y emular pares de realidades cercanas. Un paso más allá es la *competencia por exposición*, vigente en los Países Bajos ("*sunshine competition*"). Su práctica, bien descripta por De Witte y Dijkgraaf (2007), tiene como objetivo poner en evidencia mejores prácticas y activa o pasivamente exponer las que pueden ser mejoradas por emulación.

La base de datos utilizada para este estudio es la de ADERASA (Asociación de Reguladores de Agua y Saneamiento de las Américas) organización que abarca a 16 países de América Latina, con más de cien prestadores incorporados, contándose con datos para la mitad de dicha muestra en los años 2003 y 2004, y para todos los prestadores en los años comprendidos entre 2005 y 2008. La base ha aumentado en calidad con el paso del tiempo. La participación en la encuesta es de carácter voluntario para los prestadores. Se han efectuado estudios con versiones anteriores de la misma, pero solamente a nivel de corte transversal, destacando su potencial para diseñar estándares regionales, comparar y mejorar desempeños (Romero, 2005, Ferro y Romero, 2007, Ferro y Romero, 2009).

Tras esta introducción, la sección 2 efectúa en forma muy compacta un recorrido por la literatura empírica de fronteras en el sector de agua y saneamiento. La sección 3 corresponde a la estadística descriptiva de la base utilizada. En la sección 4 se desarrollan las estimaciones de frontera y se discuten sus resultados. Finalmente, la sección 5 es la de conclusiones.

2. RECORRIDO POR LA LITERATURA EMPÍRICA

Se realizó una revisión detallada de la literatura empírica disponible, para poder identificar las metodologías y las variables utilizadas en estudios anteriores de fronteras de eficiencia. La información fue estandarizada y tabulada para facilitar la comparación, y dispuesta en forma cronológica para poder apreciar los cambios en las bases de datos y en las metodologías utilizadas. Se advierte el uso de técnicas cada vez más complejas a medida que pasa el tiempo. El análisis de las variables utilizadas en los estudios da cuenta que el producto se aproxima tanto por volumen de agua producida, como por clientes atendidos, los insumos trabajo y capital se aproximan mediante el personal afectado de tiempo completo por los prestadores y una indicación de los kilómetros de red respectivamente. El costo salarial suele ser un promedio que se obtiene de prorratear los costos salariales en el personal de tiempo completo y el costo del capital se suele aproximar mediante el cociente entre el costo no salarial y los kilómetros de red. La literatura no es unánime en torno a la variables ambientales, pero presume que ciertas variables aportan a la productividad (o a reducir los costos), como la concentración geográfica de los clientes, o la proporción de clientes no residenciales sobre el total, que la medición consume recursos productivos (es costosa), que con las pérdidas el resultado es ambiguo, ya que depende de si se cobra o no a los clientes esa agua, que la fuente subterránea requiere menos recursos para potabilizarla (es menos costoso el proceso). La literatura ha sido menos detallada en cuanto al entorno institucional. Como en este estudio se incorporan a la muestra prestadores sometidos a diferentes estímulos regulatorios e institucionales, se procurará ver si las diferencias existentes inciden en los resultados, situando a los prestadores más lejos o más cerca de la frontera.

Tabla 1: Revisión de la literatura de fronteras de eficiencia en el sector agua y saneamiento

Autor	País	Años en la muestra	Empresas	Indicador de desempeño	Metodología	Especificación del Modelo
Ford y Warford (1969)	Reino Unido	1965/1966	162 (142 públicas y 20 privadas)	–	CSC	Función de Costos
Mann y Mikesell (1976)	Estados Unidos	1970	214 (188 públicas y 26 privadas)	–	CSC	Función de Costos
Morgan (1977)	Estados Unidos	1970	143 (99 públicas y 44 privadas).	–	CSC	Función de Costos
Crain y Zardkoohi (1978)	Estados Unidos	1970	112 (88 públicas y 24 privadas)	–	CSC	Función de Costos Dual
Knapp (1978)	Reino Unido	1972-1973	173		MRS	Función de Costos
Clark y Stevie (1981)	Estados Unidos	2 años	12	–	CSC	Función de Costos
Bruggink (1982)	Estados Unidos	1960		TE	MRS	Función de Costos
Feigenbaum y Teeples (1983)	Estados Unidos	1970	319 (262 públicas y 57 privadas)	–	CSC	Función de Costos Hedónicos
Byrnes, et al (1986)	Estados Unidos	1976	127 (68 públicas y 59 privadas)	TE	DEA	Frontera de Producción

Fox y Hofler (1986)	Estados Unidos	1981	176 (156 públicas y 20 privadas)	TE, AE, CE	SFA	Fronteras de Producción y de Costos
Teeples, et al (1986)	Estados Unidos	1976, 1980	719	–	CSC	Función de Costos
Hayes (1987)	Estados Unidos	1960, 1970, 1976	475	–	CSC	Función de Costos,
Kim (1987)	Estados Unidos	1973	60	–	CSC	Función de Costos Dual
Teeples y Glyer (1987ª)	Estados Unidos	1980	119 (57 públicas y 52 privadas)	–	MRS	Función de Costos Dual
Kim y Clark (1988)	Estados Unidos	1973	60	–	MRS	Función de Costos
Norman y Stoker (1991)	Reino Unido	1987-1988	28	TE	DEA	Orientación Insumos VRS
Raffiee, et al (1993)	Estados Unidos	1989	271 (238 públicas y 33 privadas)	–	CSC	Función de Costos
Lynk (1993)	Reino Unido	1980-1988	32	CE, TC	SFA	Función de Costos
Bhattacharyya, et al (1994)	Estados Unidos	1992	257 (225 públicas y 32 privadas)	–	MRS	Función de Costos
Lambert, et al (1994)	Estados Unidos	1989	271 (238 públicas y 33 privadas)	TE	DEA	Orientación insumos
Bhattacharyya, et al (1995ª)	Estados Unidos	1992	221 (190 públicas y 31 privadas)	CE	SFA	Frontera de Costos
Bhattacharyya, et al (1995b)	Estados Unidos	1992	26 (24 públicas y 2 privadas)	TE	SFA	Frontera de Producción
Bhattacharyya, et al (1995c)	Estados Unidos	1992	26 (24 públicas y 2 privadas)	AE	MRS	Función de Costos Hedónicos
Hunt y Lynk (1995)	Reino Unido	1979/80-1987/88	10	TC	CSC	Función de Costos con tendencia temporal
Kim y Lee (1998)	Corea del Sur	1989-1994	42	-	MRS	Función de Costos
Bosworth y Stoneman (1998)	Reino Unido	1979-1989, 1989-1995	10	TE, TFP	Índice Malmquist	Función de Producción
Cubbin y Tzanidakis (1998)	Reino Unido	1994	29	CE	SFA, DEA	Frontera de Costos
Fabbri y Fraquelli (2000)	Italia	1991	150	-	MRS	Función de Costos Hedónicos
Ashton (2000ª)	Reino Unido	1989-1997	10	TFP, TC	MRS	Función de Costos con tendencia temporal
Ashton (2000b)	Reino Unido	1987-1997	10	CE	FEPDM	Función de Costos
Saal y Parker (2000)	Reino Unido	1985-1999	10	-	MRS	Función de Costos con tendencia temporal
Thanassoulis (2000ª)	Reino Unido	1992/93	32	TE	DEA	Orientación insumos, CRS, VRS
Thanassoulis (2000b)	Reino Unido	1992/93	32	TE	DEA	Orientación insumos, CRS, VRS
García y Thomas (2001)	Francia	1995-1997	55 (2 públicas y 53 privadas)	–	FEPDM	Función de Costos Dual
Antonioli y Filippini (2001)	Italia	1991-1995	32	CE, TC	SFA	Función de Costos con tendencia temporal
Mizutani y Urakami (2001)	Japón	1994	112	–	MRS	Función de Costos
Saal y Parker (2001)	Reino Unido	1985-1999	10	TFP	PIN	Índice Tornqvist
Estache y Rossi (2002)	Asia Pacífico	1995	50 (28 públicas y 22 privadas)	CE	SFA	Frontera de Costos
Anwandter y Ozuna (2002)	México	1995	110	TE	DEA y Análisis de segunda etapa	Orientación insumos, VRS
Estache y Kouassi (2002)	Países Africanos	1995-1997	21 (17 públicas y 4 privadas)	TE, TC	SFA	Frontera de Producción con tendencia temporal
Estache y Trujillo (2003)	Argentina	1992-2001	4	TFP	PIN	Índice Tornqvist
García y Thomas	Francia	1995-1998	48	-	FEPDM	Función de Costos

(2003)						
Corton (2003)	Perú	1998	44	CE	SFA	Frontera de Costos
Ashton (2003)	Reino Unido	1991-1996	20	-	MRS	Función de Costos Dual con tendencia temporal
Bottasso y Conti (2003)	Reino Unido	1995-2001	49	CE	SFA	Frontera de Costos con tendencia temporal
Woodbury y Dollery (2004)	Australia	1999-2000	73	TE, TFP	DEA y Análisis de segunda etapa	Orientación insumos, CRS, VRS
Tupper y Resende (2004)	Brasil	1996-2000	20	TE	DEA y Análisis de segunda etapa	Orientación Producto, VRS
Shih, et al (2004)	EE.UU.	1995, 2000	132	TE	DEA	Orientación Insumos
Fraquelli, et al (2004)	Italia	1994-1996	90		MRS	Función de Costos
Piacenza y Vannoni (2004)	Italia	1994-1996	90		MRS	Función de Costos
Saal y Parker (2004)	Reino Unido	1985-2000	10	TFP	Índice Malmquist	Función de distancia - insumos
Faria, et al (2005)	Brasil	2002	148 (135 públicas y 13 privadas)	TE	SFA	Frontera de Producción
Sabbioni (2005)	Brasil	2002	280	CE	SFA	Frontera de Costos
Aubert y Reynaud (2005)	Estados Unidos	1998-2000	211	CE	SFA	Frontera de Costos
Fraquelli y Moiso (2005)	Italia	20-30 años	18	CE, TC	SFA	Frontera de Costos con tendencia temporal
Lin (2005)	Perú	1996-2001	36	CE, TC	SFA	Frontera de Costos con tendencia temporal
Coelli y Walding (2006)	Australia	1996-2003	18	TFP, TC	DEA	Orientación insumos, CRS, VRS
Mosheim (2006)	Estados Unidos	1996	184 (169 públicas y 15 privadas)	TE, AE	SFA	Función de precios sombra
Torres y Morrison Paul (2006)	Estados Unidos	1996	255	–	MRS	Función de Costos
García y Sánchez (2006)	España	1999	24	TE	DEA	Orientación insumos, CRS, VRS
Kirkpatrick, et al. (2006)	Países Africanos	2000	110	CE	SFA/DEA	Frontera de Costos/Orientación Insumos, VRS
Martins, et al (2006)	Portugal	2002	57		MRS	Función de Costos
Erbetta y Cave 2006	Reino Unido	1993-2005	10	TE	DEA	Orientación insumos, VRS
Saal y Parker (2006)	Reino Unido	1993-2003	30/22 Reducción por fusiones y adquisiciones	TE, TFP	Índice Malmquist	Función de distancia - insumos
Sauer y Frohberg (2007)	Alemania	2000/01	47	AE	SFA	Frontera de Costos
da Silva e Souza, et al (2007)	Brasil	2002	164 (149 públicas y 15 privadas)	SFA	Función de Costos	
Nauges y van den Berg (2007)	Brasil	1996-2004	26	–	MRS	Función de Costos
Nauges y van den Berg (2007)	Colombia	2003-2004	48			
García, et al (2007)	Estados Unidos	1997-2000	211	–	REPDM	Función de Costos
García, Valiñas y Muñiz (2007)	España	1985-2000	3	CE	DEA	Orientación Insumos, CRS
Picazo-Tadeo, et al. (2007)	España	2001	34	TE	DEA	Orientación insumos, VRS
Nauges y van den Berg (2007)	Moldavia	1996-2004	38			
Saal, et al (2007)	Reino Unido	1985-2000	10	TFP	Índice Malmquist	Función de distancia - insumos

Mugisha (2007)	Uganda	2000-2006	12 (2000-01) y 15 (2002-06)	TE	SFA	Función de distancia - insumos
Nauges y van den Berg (2007)	Vietnam	1997-2003	49			
Sabbioni (2008)	Brasil	2000-2004	180/340	CE	FEPDM	Función de Costos
Renzetti y Dupont (2008)	Canadá	1996	64 públicas	TE	DEA	Orientación insumos, VRS
Filippini, et al (2008)	Eslovenia	1997-2003	52 públicas		FEPDM/REPDM	Función de Costos
Picazo-Tadeo, et al. (2008)	España	2001	38	TE	DEA	Orientación Producto
Picazo-Tadeo, et al. (2009)	España	2001	34	TE	DEA-SFA	Orientación insumos

Siglas utilizadas:
AE: Eficiencia Asignativa;
CE: Eficiencia productiva;
TC: Cambio Tecnológico;
TE: Eficiencia Técnica;
TPF: Productividad total de los factores.
CSC: Comparación de estructura de costos;
DEA: Método no paramétrico;
FEPDM: Efectos fijos en Datos de Panel;
MRS; Regresión de sistema multivariado;
PIN: índices de precios;
RPDM: Efectos aleatorios en Datos de Panel;
SFA: Análisis de frontera estocástica
CRS: retornos constantes a escala;
VRS: retornos variables a escala
DE: Economías de densidad;
SLE: economías de escala;
SPE: economías de alcance

3. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LA BASE UTILIZADA

La base de datos (panel desbalanceado) utilizada comprende información de 16 países latinoamericanos -Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Uruguay y Venezuela- durante los años 2003 a 2008.

La Tabla 2 presenta la cantidad total de observaciones desagregadas por país y año. En total se cuenta con 482 datos, pero no en todos los casos se cuenta con información para todas las variables de un mismo prestador.

Tabla 2: Número de observaciones por país y por año.

País	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Total
Argentina	8	7	7	7	7	5	41
Bolivia	2	1	2	0	0	0	5
Brasil	9	9	0	6	8	4	36
Chile	17	17	17	17	18	17	103
Colombia	0	5	33	37	38	38	151
Costa Rica	1	2	2	2	2	2	11
Ecuador	1	1	1	1	1	1	6
El Salvador	0	0	0	1	0	0	1
Honduras	1	1	1	1	1	1	6
México	0	0	9	3	2	1	15
Nicaragua	1	1	1	0	0	0	3
Panamá	1	1	1	1	1	1	6
Paraguay	0	1	1	4	4	4	14

Perú	9	9	10	10	10	9	57
Uruguay	0	0	1	1	1	1	4
Venezuela	0	0	0	3	11	9	23
Total	67	64	125	96	111	38	482

Fuente: Elaboración propia

Las empresas encuestadas son 188 en total, aunque no participan en todos los años. Aquellas que están presentes en todos los sondeos suman 18, pertenecientes a Argentina, Brasil, Chile, Honduras y Panamá.

La descripción de las variables a ser utilizadas en la posterior estimación de eficiencia se encuentra en la Tabla 3. Sobre esas variables se construyen transformaciones como razones, porcentajes y "variables ficticias" (dummies), a los fines de evaluar especialmente factores ambientales, cualitativos o hedónicos. Asimismo, se presenta una estadística descriptiva de todas las variables en la muestra, la cual da cuenta de la magnitud de cada una de ellas y el panorama dentro del sector, considerando las diferencias por países y la falta de información para algunos años.

La empresa mediana de la muestra tiene 308 empleados, 978 kilómetros de red de agua y 558 de red de alcantarillado, cuenta con unas 97 mil cuentas de agua y 67 mil de alcantarillado, y está medida en un 90%. Su población residente es de 450 mil personas. Un 75% de su facturación proviene de clientes residenciales, y pierde en red un 40% de su producción. En tanto, la muestra contiene algunos valores extremos: el prestador más grande de la muestra atiende a 25 millones de personas (7,8 millones de cuentas)., en tanto que el más pequeño tiene una población residente de 4340 personas.

Tabla 3: **Descripción de variables**

Variable	Descripción	Unidad de Medida	Obs.	Media	Mediana	Desvío estándar	Máximo	Mínimo	Rango (Max-Min)
Empl	Personal propio total	N°	453	782	308	1,537	18,546	17	18,529
Reda	Longitud total red de agua	Km	432	2,631	978	5,243	57,322	60	57,262
Reds	Longitud total red de alcantarillado	Km	445	1,504	558	3,117	36,435	10	36,425
Clia	Cuentas de agua potable	N°	460	287,966	97,178	662,120	7,865,112	2,680	7,862,432
Clis	Cuentas de alcantarillado°	N°	460	212,929	67,255	524,993	6,216,845	114	6,216,731
Nmma	Medidores Operativos sobre cuentas de agua potable	%	454	74.92	89.75	30.03	100	1.4	98.6
Dens	Población servida con conexión domiciliaria de agua potable sobre longitud total red de agua	hab./km	426	487	444	233	1,995	63	1,930
Pobl	Población residente	habitantes	481	1,224,685	444,650	2,329,966	25,000,000	4,340	24,995,660
Vdes	Agua despachada	m3 / día	435	384,447	124,389	808,632	7,717,119	4,052	7,713,067
Vtra	Vuelco con tratamiento	m3 / día	285	94,443	30,000	190,562	1,393,668	104	1,393,564
Vsub	Agua subterránea sobre total agua extraída e importada	%	230	38.99	26.35	34.38	100	1	99
Resi	Facturación residencial sobre facturación total	%	347	73.74	75.1	13.01	100	0.1	99.9
Vper	Agua no comercializada sobre total agua despachada	%	369	42.22	42	16.01	95.9	0.5	95.4
Rred	Roturas de red de agua sobre longitud de red de agua	N° / km	249	1.65	0.48	3.32	22	0	21.6

Fuente: Elaboración propia

Si bien la base releva datos de costos y los precios de los insumos trabajo y capital eran posibles de inferir, la calidad de los datos no es suficientemente satisfactoria como en el caso de las variables físicas, que además permiten mejores comparaciones entre países. Antes de tomar la decisión se analizaron diferentes relaciones entre variables y se encontraron inconsistencias no explicadas entre las variables de costos y las físicas, en tanto que estas últimas mostraban un comportamiento más predecible. Si en futuros relevamientos se detecta el origen de dichas diferencias o se corrigen, las estimaciones de panel de costos son perfectamente realizables. En un trabajo anterior Ferro y Romero (2007) se estimó una frontera de costos para un corte transversal de 2005. En ese contexto, no se detectaron las inconsistencias que aparecen en los datos de costos cuando se mira el comportamiento de varios años seguidos en los casos en que los datos existen.

Las relaciones a estimar partieron de:

*Producto = **f(**insumos, variables ambientales e institucionales**)***

Para caracterizar a las variables, se las puede agrupar en tres grandes conjuntos: Producción, Insumos y Ambientales e Institucionales.

- Producción. Incluye aquellas variables relacionadas con los clientes y las conexiones, las asociadas a la población servida y las que tienen en cuenta volumen de producción de cada empresa: *clia, vdes, vsub, resi*. Tanto *clia* como *vdes* se encuentran muy correlacionadas. Las variables de producción en saneamiento son siempre múltiplo de las anteriores.
- Insumos. Incluye variables como trabajadores, kilómetros de red de agua y de alcantarillado sanitario, *empl, reda, reds*. Con respecto al empleo, el mismo corresponde a la suma total del personal propio (a tiempo completo equivalente) empleado por el operador. No hay información desagregada por función. Se encuentra una correlación alta entre las tres variables de insumos.
- Ambientales e Institucionales: Las primeras son aquellas variables que miden factores externos que pueden influir sobre el desempeño relativo de las empresas, sobre las cuales éstas no tienen control; suelen incluir conceptos como diferentes características geográficas y de localización, propiedades de la prestación (como la fuente), datos de atención al cliente (como los reclamos), si el servicio es o no medido y qué porcentaje se mide, etcétera: *nmma, dens, pobl, vtra, resi, vper, rred*. Las institucionales hacen referencia al carácter nacional o local de la regulación, si esta es sectorial o multisectorial, etcétera.

La Tabla 4 estudia las correlaciones simples entre las variables. Las dos indicaciones de producto posibles de ser utilizadas (los clientes y el volumen de agua) tienen elevada correlación positiva (0.97). Los empleados y la red tienen elevada correlación positiva con los dos indicadores de producción. Entre las variables ambientales y los indicadores de producción e insumos, las correlaciones decrecen en valor absoluto y ya no son tan contundentes las permanencias de signo. Lo anterior implica que a priori se espera que las

Tabla 4: Coeficientes de correlación simple entre variables. Años 2003-2008.

	Empl	Reda	Reds	Clia	Clis	Nmma	Dens	Pobl	Vdes	Vtra	Vsub	Resi	Vper	Rred
empl	1.00													
reda	0.84	1.00												
reds	0.62	0.93	1.00											
clia	0.80	0.97	0.92	1.00										
clis	0.72	0.95	0.96	0.99	1.00									
Nmma	-0.62	-0.53	-0.40	-0.59	-0.54	1.00								
Dens	0.22	0.26	0.30	0.33	0.34	-0.21	1.00							
Pobl	0.82	0.97	0.92	0.99	0.98	-0.59	0.36	1.00						
Vdes	0.86	0.93	0.82	0.97	0.94	-0.69	0.34	0.97	1.00					
Vtra	0.31	0.65	0.79	0.58	0.65	-0.09	0.18	0.60	0.44	1.00				
Vsub	-0.32	-0.41	-0.36	-0.38	-0.37	0.23	-0.15	-0.41	-0.38	-0.29	1.00			
Resi	-0.41	-0.20	-0.02	-0.17	-0.11	0.24	-0.01	-0.20	-0.25	0.06	0.21	1.00		
Vper	0.11	-0.00	-0.11	-0.04	-0.09	-0.01	0.12	-0.03	0.00	-0.16	0.11	-0.04	1.00	
Rred	0.17	0.02	-0.08	0.02	-0.01	-0.07	0.01	0.04	0.06	-0.07	-0.12	-0.36	0.30	1.00

Fuente: Elaboración propia

4. ESTIMACIONES DE FRONTERA

La relación entre productos e insumos constituye el corazón del modelo y debe ser aceptada aún cuando las variables no sean significativas, porque tienen un fundamento teórico; las variables ambientales, en cambio, tienen un carácter empírico y la significatividad estadística dicta su permanencia o no en el modelo final. Estas últimas permiten distinguir el contexto en el que se desenvuelven, a los efectos de hacer a las empresas comparables. Por otro lado, se procuró identificar las diferencias en el entorno regulatorio, para lo cual se diferenció por jurisdicción regulatoria,entre empresas sujetas a regulación nacional/federal o provincial/estadual; y a su vez, si el ente regulador es multisectorial o no. Sin embargo, en general la significatividad de estas variables es nula.

Como variables de producción alternativas se cuenta con la cantidad de agua despachada (modelos 01) y la cantidad de clientes servidos con agua (modelos 02). Los insumos son los kilómetros de red de agua y el número de empleados a tiempo completo, representando respectivamente el capital y el trabajo.

Las variables ambientales finalmente incluidas fueron: la proporción de clientes micro medidos, el volumen de pérdidas, el porcentaje de agua subterránea sobre el total de fuentes, vuelco con tratamiento, la facturación de clientes residenciales como porcentaje de la facturación total y un indicador de densidad poblacional por kilómetros de red de agua.

Para las formas funcionales de la función de producción a estimar se eligieron dos alternativas; funciones de tipo Cobb-Douglas y Translog. La especificación Cobb-Douglas asume la forma

$$Y = \beta_0 \prod_{n=1}^{N} X_n^{\beta_n}$$

donde Y son los productos y X los insumos.

Si se linealiza utilizando la transformación monótona del logaritmo, se obtiene

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

La especificación Translog es considerada generalmente como una aproximización cuadrática de cualquier función de producción arbitraria, así como también una generalización de la Cobb-Douglas. [4]

Una manera de decidir qué especificación es la adecuada es observar los test de significatividad individual en la formulación Translog. Al estimar ambas especificaciones, los test sobre la significatividad de los β_{nm} dan una idea aproximada de cuál es la forma funcional que más se ajusta a los datos.

Trabajar con datos de panel brinda mayores alternativas a la hora de elegir un modelo. Además de las formas funcionales asumidas, debe elegirse entre modelos con efectos fijos o efectos aleatorios. Sintéticamente, esto implica suponer una dinámica de los datos. Técnicamente, el término de error en las estimaciones asume la forma:

$$\mathrm{ti}_{it} = v_{it} - u_{it} \quad i = 1,...,N; t = 1,...,T$$

donde v_{it} son errores aleatorios y u_{it} ineficiencia técnica

El modelo introducido por Battese y Coelli (1992) supone que existe una característica específica de cada unidad de medición (en este caso cada una de las firmas), no sujeta a medición:

---

[4] En todos los casos, β designa a los parámetros estimados. Nerlove (1963), usó por primera vez para el sector eléctrico una función de costos Cobb-Douglas (log-lineal) que incluye los precios de los insumos y que está relacionada de forma única con la función de producción. De esta forma, desarrolló el potencial econométrico de la dualidad entre la función de costos y la función de producción (McFadden, 1978), que asegura que la relación entre la función de costos obtenida de forma empírica y la función de producción subyacente es única. La función Cobb-Douglas ha sido ampliamente utilizada en gran parte de la literatura por su simplicidad y la facilidad para interpretar sus resultados. No obstante lo anterior, esta función impone restricciones innecesarias a la tecnología de producción. Christensen, Jorgenson y Lau (1973) introdujeron la función de costos translogarítmica que tiene la ventaja de ser más flexible que la formulación Cobb-Douglas. No impone restricciones a priori sobre las posibilidades de sustitución de los factores de producción y permite que las economías de escala varíen de acuerdo con el nivel de producto, lo que hace posible capturar la forma de U de la curva de costos promedio (Christensen y Greene, 1976). La forma funcional translog agrega términos de interacción entre las variables no presentes en una estimación Cobb-Douglas.

$$y_{it} = x_{it}\beta + (v_{it} - u_{it}) \quad i = 1,2,...,N \;\; t = 1,2,...,T$$
$$u_{it} = u_i \exp\left(-\eta\left(t - T\right)\right)$$
$$v_{it} \overset{iid}{\sim} N(0,\sigma_v^2); \quad u_i \overset{iid}{\sim} N(0,\sigma_u^2)$$

donde las minúsculas de X e Y implican logaritmos, y β y η son vectores de parámetros a estimar; v_{it} independientes de los u_i, son variables aleatorias no negativas que miden la ineficiencia técnica; y los uit se suponen realizaciones truncadas en cero de una distribución $N(\mu,\sigma_u^2)$.

A su vez, siguiendo a Battese y Cora (1977) se ha construido la variable

$$\gamma = \frac{\sigma_u^2}{\sigma^2}; \quad \gamma \in (0;1)$$

$$\sigma^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2$$

para contrastar si los efectos de ineficiencia técnica son aleatorios. Si γ es igual a cero, los efectos son no aleatorios, el efecto o ineficiencia u_{it} se elimina y es posible estimar el modelo de forma consistente utilizando Mínimos Cuadrados Clásicos.

Efectos fijos se asumen cuando se cree que la unidad observable, en este caso una empresa, a lo largo del tiempo puede poseer una característica específica no mensurable y que correlacionada con los regresores del modelo especificado. Por su parte, la presencia de efectos aleatorios supone que la característica no observable no se encuentra correlacionada con los regresores, sino que la distribuye aleatoriamente entre las empresas.

En el caso de la estimación de fronteras estocásticas, la ineficiencia técnica puede variar sistemáticamente con el tiempo (TVD, *"time varying decay model"*) o puede ser constante a lo largo de la ventana temporal (TI, *"time invariant"*). En este sentido si η es igual a cero, el modelo no depende del tiempo y la decisión correcta es asumir un modelo TI.

En ambos casos, se estima la variable μ, asociada al primer y segundo momento del error u_i o ineficiencia técnica, que fue definido como el grado de ineficiencia promedio de la muestra o la distancia media a la frontera estocástica estimada. Si es estadísticamente igual a cero, puede inferirse que se está en presencia de una frontera determinística y que la ineficiencia es producto de ruido o de variables totalmente exógenas a la empresa.

Cuando se especifican modelos de tipo TVD, se calcula la evolución temporal de la ineficiencia, y es donde observar el estimador del parámetro η se vuelve interesante. Como se mencionó si η es igual a cero, los efectos son fijos y las eficiencias son constantes en el tiempo, si es mayor a cero las eficiencias son crecientes y si es menor, las eficiencias decrecen con el tiempo.

Por último, se define $\gamma \equiv \dfrac{\sigma^2}{\sigma_v^{\;2} + \sigma}$ para contrastar que los efectos de ineficiencia técnica son o no aleatorios. Como se dijo antes, si esa variable es igual a cero, los efectos son no aleatorios.

Dado que todas las variables están expresadas en logaritmo natural, la interpretación de los coeficientes asociados es el de elasticidades.

En la Tabla 5 se presentan los modelos TVD y TI, bajo formulación Cobb-Douglas (PCD) y Translogarítmica (PTL); los modelos son 01 cuando la variable de producción es igual a la cantidad de agua despachada, 02 cuando es la cantidad de clientes servidos.

Tabla 5: Estimaciones alternativas de fronteras estocásticas.

Variables	TVD-PCD-01	TVD-PCD-02	TI-PCD-01	TI-PCD-02	TVD-PTL-01	TVD-PTL-02	TI-PTL-01	TI-PTL-02
lempl	0.0982*	-0,035	0.132**	0,0369	0.440*	-0,176	0.793**	-0,378
lreda	1.056***	1.229***	0.784***	0.846***	1.467***	1.782***	-0,25	1.874***
lempl_sq[5]					0.132**	0.115***	0.147**	0.153***
lreda_sq[6]					0,0574	0,0068	0.196***	0,0133
lempl_lreda[7]					-0.258***	-0.163**	-0.314**	-0.194***
ldens	0.745***	0.581***	0.376***		0.466***	0.431***		0.467***
lvtra	0,00806	0.0569***	0,0193	0.0631***	0,00316	0.0700***	0,0209	0.0643***
nmma	-0,00152	-0.00354**	-0.00452***	-0.00498***	-0.00385***	-0.00559***	-0.00477***	-0.00490***
vsub	0,000339	0.000820**	-0,00005	0.000815**	0,000167	0.000693**	0,000217	0.000752**
vper	0,000195	0.00204***	0,000281	0.00232***	0,000311	0.00141**	0,0012	0.00169***
resi	0,000594	0.00128*	8,63E-05	0.00178**	-0,000581	3,78E-06	0,00066	-0,000214
lrred	0,0138	0,0083	0.0277***	0,00544	0.0202**	0,00324	0.0232*	0,00558
lrcli	0,0372		-0,0991		-0,0361		-0.177***	
r_nac	0,486	-0,199	0,61	0,289	0.994*	0,0743	0,381	0,0632
r_prov	0,518	-0,436	0.770*	0,209	1.321**	0,0111	0,609	-0,0856
r_sec	0,0188	0,197	-0,3	-0,0365	-0,499	-0,0152	-0,262	-0,0397
r_mult	0,111	0,129	-0,202	-0.436**	-0,473	-0.357***	-0,14	-0,237
Constant			3.758***	5.286***			7.902***	
lnsigma2	-1.870***	-1.768***	-1.825**	1,134	-1.417***	3,487	-2.412***	1,212
ilgtgamma	4.254***	4.834***	4.418***	7.600**	5.208***	10,37	3.608***	8.077*
mu	1.135***	0.852***	0,496	-4,953	0.513***	-80,23	0.894***	-7,199
eta	0,00406	-0,00482			0.0165***	-0.0119**		

Nota: *** Significativa al 1%, **Significativa al 5%, * Significativa al 10%. Errores estándar en paréntesis

Fuente: elaboración propia

Enla estimación de frontera de producción, el empleo *lempl* (medido por el logaritmo de la cantidad de empleados) es una variable significativa con elasticidad positiva y una confianza máxima del 95% sólo cuando se considera como producción a la cantidad de agua despachada (*lvdes*) independientemente de la especificación funcional que se elija. En cambio, para el proxy de capital utilizado (*lreda*), su elasticidad es positiva (a mayor capital, mayor producto) y distinta de cero con una significatividad del 1%, salvo para elmodelo TI-PTL-01.

Según estos resultados la especificación Translog es correcta y, a priori, preferida a la forma funcional de tipo Cobb Douglas. Lo anterior se vislumbra a partir de observar el no rechazo de los parámetros estimados que acompañan a los doble productos (interacciones) de los insumos. Si bien el cuadrado de *lreda* no presenta evidencia suficiente para conservarla en el modelo, sí es fundamental conservar al producto cruzado de empleo y capital..

[5] Se refiere al cuadrado del logaritmo de los insumos para la especificación Translog.
[6] Se refiere al cuadrado del logaritmo de los insumos para la especificación Translog.
[7] Se refiere al término cruzado de los insumos para la especifación Translog.

Respecto de las variables ambientales, puede decirse que es clave controlar por la densidad de población servida (*ldens*) y que el signo positivo concide con lo esperado a priori, la mayor densidad poblacional ahorra recursos. Lo mismo ocurre con la variable *nmma* (porcentaje de medidores operativos sobre cantidad de cuentas de agua potable), donde el parámetro es no negativo, porque medir consume recursos, en contraste con un sistema de tarifario catastral.

Si se considera a la cantidad de agua despachada, *lvtra*, *vsub* y *vperd* no son importantes; lo contrario ocurre si el producto se aproxima con la cantidad de clientes servidos. Situación inversa, tiene lugar con *lrred* y los modelos 01, a excepción de TVD-PCD-01.

En este sentido, deberían eliminarse del modelo el ratio entre distintos tipos de clientes (*rcli*) y el ratio facturación residencial sobre facturación total (*resi*) dado que no aportarían a explicar cambios en la producción.

El grupo de variables denominado como institucionales no aporta como se esperaría a priori. Sólo en pocos modelos son significativas.

Por otro lado, las medidas de eficiencia arrojadas a partir de las estimaciones tienen aceptable variabilidad entre empresas, lo cual es bueno, pero aún no son definitivas las medidas logradas de la eficiencia o ineficiencia relativa que permitirían reducir, en última instancia, el problema de asimetría de información al cual el regulador naturalmente se enfrenta.

En la Tabla 6 se presentan las estadísticas descriptivas de las medidas de eficiencia obtenidas a partir de los modelos anteriores. Se seleccionaron un grupo de modelos de acuerdo al nivel de significación de las variables individuales y en función de los tests que permitieron asegurar variabilidad entre la ineficiencia y el ruido estadístico.

Tabla 6: Estadísticas descriptivas de las medidas de eficiencia de los modelos de producción

Modelos	Período	Observaciones	Promedio	Desvío estándar	Mínimo	Máximo
TVD-PCD-01	2003-2008	105	0,337	0,186	0,169	0,968
TVD-PCD-02	2003-2008	105	0,431	0,146	0,175	0,957
TVD-PTL-01	2003-2008	105	0,569	0,223	0,182	0,971
TVD-PTL-02	2003-2008	105	0,733	0,214	0,195	0,985
TI-PCD-01	2003-2008	105	0,648	0,179	0,255	0,985
TI-PCD-02	2003-2008	105	0,697	0,228	0,148	0,984
TI-PTL-01	2003-2008	105	0,494	0,158	0,256	0,931
TI-PTL-02	2003-2008	105	0,752	0,197	0,187	0,990

Fuente: elaboración propia

La diferencia entre los mínimos y las medias son marcadas y más importante, los desvíos estándar muestran rangos de variabilidad aceptables en la práctica habitual de este tipo de medidas.

La comparación entre modelos basada en los criterios de información de Akaike y Schwartz[8] demuestra que en general se prefieren aquellos modelos que incluyen la posibilidad de que la ineficiencia técnica varíe sistemáticamente con el tiempo (TVD). Asimismo, se evidencia que la especificación Translog ajusta mejor, cuando se considera como producción a la cantidad

[8] Ambas criterios evalúan el ajuste del modelo considerando ideal modelos más parsimoniosos, es así que penalizan la cantidad de parámetros a estimar.

de clientes servidos; Cobb Douglas ajusta mejor cuando producción se representa a través de la cantidad de agua despachada.

Lo anterior es reforzado por un simple test de significatividad conjunta sobre los estimadores de los coeficientes asociados a los términos cruzados (β_{ji} relacionados con *lempl_sq*, *lreda_sq* y *lempl_lreda*). Sólo puede rechazarse la hipótesis nula de no significatividad conjunta en las formulaciones que incluyen a la cantidad clientes servidos (*lclia*) como proxy de producción.

En términos de la elección de la frontera el resultado es ambiguo dado que los modelos TI-PCD-01 y 02, TVD-PTL-02 y TI-PTL-02 sugieren una frontera determinística (no existe evidencia para rechazar la hipótesis de $\mu=0$[9]), mientras que los cuatro modelos restantes apoyan empíricamente la utilización de una frontera estocástica. Es decir, la ineficiencia técnica viene dada por factores no determinísticos.

Para testear la hipótesis de que las empresas son eficientes técnicamente se contrasta el estimador de γ; esto se rechaza en todos los casos salvo en TVD-PTL-02. Así se concluye que los efectos son aleatorios y es necesario este procedimiento de estimación. Por último, el ejercicio arroja una hecho concluyente: si se asume una función Cobb Douglas las ineficiencias no varían con el tiempo por lo que la elección se ubicaría en los modelos del tipo TI. No obstante, las especificaciones Translog muestran evidencia contraria, las ineficiencias son dependientes del tiempo (Tabla 7).

En síntesis, el modelo preferible cuenta con una forma funcional del tipo Translog (preferible a Cobb-Douglas), la cual permite que las ineficiencias varíen con el tiempo (TVD). Asimismo, como proxy de la producción se sugiere la variable que ajusta mejor, la cantidad de clientes servidos; en el modelo debe incluirse la densidad de población en el área a servir, como variable ambiental significativa, y aproximaciones del desarrollo de la tecnología utilizada, como la proporción de clientes medidos, el porcentaje de fuente subterránea, el porcentaje de pérdidas y una dummy institucional que denote la presencia de reguladores multisectoriales (por oposición a sectoriales o especializados).

Tabla 7: Test sobre distintos modelos econométricos

	Log-likelihood	μ=0	γ=0	η =0
TVD-PCD-01	77,798473	Rechazo al 1%	Rechazo al 1%	No Rechazo
TVD-PCD-02	93,889701	Rechazo al 1%	Rechazo al 1%	No Rechazo
TI-PCD-01	89,162496	No Rechazo	Rechazo al 1%	
TI-PCD-02	91,922603	No Rechazo	Rechazo al 5%	
TVD-PTL-01	95,697208	Rechazo al 1%	Rechazo al 1%	Rechazo al 1%
TVD-PTL-02	115,27774	No Rechazo	No Rechazo	Rechazo al 5%
TI-PTL-01	85,357747	Rechazo al 1%	Rechazo al 1%	
TI-PTL-02	113,10291	No Rechazo	Rechazo al 10%	

Fuente: elaboración propia

[9] El parámetro μ es significativamente igual a cero, y sigue una distribución semi normal. Una distribución semi normal o half-normal tiene la característica de ser la distribución de probabilidad del valor absoluto de otra variable que se distribuye normalmente con media = 0 y varianza finita. Si Z es N(0, var) e Y = |Z|, entonces Y se distribuye seminormal.

6. CONCLUSIONES

Este trabajo tuvo como objetivo efectuar estimaciones econométricas sobre eficiencia relativa de empresas prestadoras de agua y saneamiento sobre una muestra en América Latina, con un panel de datos para el período 2003-2008.

El artículo aporta a la discusión la novedad de la base de datos regional más reciente, el primer estudio de panel realizado para la región, la discusión sobre las variables y la forma funcional que mejor caracterizan la tecnología.

Como criterio general se efectuaron estimaciones de producción, que al depender de datos físicos exclusivamente, se espera tengan alteraciones menores en el tiempo respecto a las variables monetarias de la base que hubieran sido de utilidad para estimar fronteras de costos.

La función de producción cuyo ajuste es preferido tiene una forma funcional Translog, la cual recoge como variables explicativas la influencia cuadrática de los insumos capital y trabajo, y su interacción. En tal sentido, la formulación Translog supera a la Cobb Douglas que es tradicional en la literatura. En este primer estudio para la región con datos de panel, se obtiene que la formulación que mejor ajusta es de tipo TVD, indicando que las ineficiencias varían en el tiempo y son posibles de controlar por las firmas (efectos aleatorios).

Las variables explicativas en el modelo preferido relacionan el logaritmo de los clientes (que ajusta mejor como representación empírica de la producción que el volumen de agua potable entregada) con el logaritmo del personal empleado y el logaritmo de los kilómetros de red, sus valores elevados al cuadrado y la interacción. Esas variables conforman el corazón del modelo. Todas resultan significativas, con excepción del logaritmo de los empleados y el logaritmo del cuadrado de la longitud de red. Como estas variables pertenecen al corazón del modelo, no deben ser descartadas del modelo.

A su vez, la variables ambientales (hedónicas) que el modelo acepta como significativas son el logaritmo de la densidad de población, el logaritmo del vuelco con tratamiento, el porcentaje de clientes medidos, la proporción de fuente subterránea y el porcentaje de pérdidas en red. Como variable institucional, las estimaciones registran como significativo el aporte negativo a la productividad de la presencia de reguladores multisectoriales a cargo de la supervisión de los prestadores. Deberían eliminarse del modelo el ratio entre distintos tipos de clientes y el ratio facturación residencial sobre facturación total dado que no aportarían a explicar cambios en la producción.

La idea de utilizar estos estudios para la fijación de tarifas (factor X al estilo Inglaterra) es todavía muy ambiciosa. En su lugar, se introdujo el criterio seguido en los Países Bajos de "competencia por exposición", donde la información se difunda, se comente y en todo caso las partes aporten información que contribuya a dilucidar mejor dónde se está parado. Asimismo, se puede pensar en estándares mínimos comunes a nivel del subcontinente. Parecen pasos pequeños, pero son enormes en dirección a construir instituciones regulatorias serias y permanentes que sobrevivan cambios coyunturales y aportan a la reducción de las asimetrías informativas en el sector.

BIBLIOGRAFÍA

Abbott, M. y B. Cohen (2009). Productivity and efficiency in the water industry. Utilities Policy, Article in Press. Elsevier.

Alva, S.L. y J. L. Bonifaz (2001). "Eficiencia relativa en el servicio de saneamiento en el Peru durante el periodo 1998-2000: una aplicación del DEA," Mimeo, Universidad del Pacifico.

Anwandter, L. y T. JR. Ozuna (2002). "Can Public Sector Reforms Improve the Efficiency of Public Water Utilities?", Environment and Development Economics, 7(4), 687-700.

Antonioli, D. y M. Filippini (2001). "The Use of Variable Cost Function in the Regulation of the Italian Water Industry", Utilities Policy, 10, 181-187.

Arnold, Bardhan, Cooper y Kumbhakar (1996). "New Uses of DEA and Statistical Regressions for Efficiency Evaluation and Estimation- With an Illustrative Application to Public Secondary Schools in Texas" Annals of Operations Research 66, pp. 255-278

Ashton, J. K. (2000a). "Total Factor Productivity Growth and Technical Change in the Water and Sewerage Industry", The Service Industries Journal, 20(4), 121-130.

Ashton, J. K. (2000b). "Cost efficiency in the UK water and sewerage industry", Applied Economics Letters, 7, 455-458.

Ashton, J. K. (2003). "Capital Utilisation and Scale in the English and Welsh Water Industry", The Service Industries Journal, 23(5), 137-149.

Aubert, C. y A. Reynaud (2005). "The Impact of Regulation on Cost Efficiency: An Empirical Analysis of Wisconsin Water Utilities", Journal of Productivity Analysis, 23, 383-409.

Baranzini, A., A. K. Faust y D. Maradan (2008). Water supply: costs and performance of water utilities. Evidence from Switzerland. 13th International Water Resources Association. World Water Congress. Montpellier, 1-4 September.

Bardhan, Cooper y Kumbhakar (1998). "A Simulation Study of Joint Uses of Data Envelopment Analysis and Statistical Regressions for Production Function Estimation and Efficiency Evaluation", Journal of Productivity Analysis 9, pp. 249-278.

Bauer, P., A. Berger, G. Ferrier, y D. Humphrey (1998). "Consistency Conditions for Regulatory Analysis of Financial Institutions: A Comparison of Frontier Efficiency Methods". Journal of Economics and Business 50, pp. 85-114.

Berg, S. (2007). "Conflict Resolution: Benchmarking Water Utility Performance", Research Paper 06-41. Public Utility Research Center (PURC). University of Florida at Gainesville.

Berg, S. (2006). "Survey of Benchmarking Methodologies", Research Paper 06-15. Public Utility Research Center (PURC), University of Florida at Gainesville.

Berg, S. y M. Corton (2007). Water Utility Benchmarking for Managerial and Policy Decisions: Lessons from Developing Countries. Prepared for the International Water Association Conference on Performance Assessment of Urban Infrastructure Services. Valencia, March.

Bhattacharyya, A., P. Parker, y K. Raffiee (1994). "An Examination of the Effect of Ownership on the Relative Efficiency of Public and Private Water Utilities", Land Economics, 70(2), 197-209.

Bhattacharyya, A., T. R. Harris, R. Narayanan y K. Raffiee (1995a). "Specification and estimation of the Effect of Ownership on the Economic Efficiency of the Water Utilities", Regional Science and Urban Economics, 25, 759-784.

Bhattacharyya, A., T. R. Harris; R. Narayanan y K. Raffiee (1995b). "Technical Efficiency of Rural Water Utilities", Journal of Agricultural and Resource Economics, 20(2), 373-391.

Bhattacharyya, A., T. R. Harris; R. Narayanan y K. Raffiee (1995c). "Allocative Efficiency of Rural Nevada Water Systems: A Hedonic Shadow Cost Function Approach", Journal of Regional Science, 35(3), 485-501.

Bosworth, D. y P. Stoneman (1998). An Efficiency Study for the Water Industry. Final Report, a report to National Economic Research Associates, London.

Bottasso, A. y M. Conti (2003). Cost Inefficiency in the English and Welsh Water Industry: An Heteroskedastic Stochastic Cost Frontier Approach, Mimeo, DIEM Università di Genova, Italy.

Bruggink, T. H. (1982). "Public Versus Regulated Private Enterprise in the Municipal Water Industry: A Comparison of Operating Costs", Quarterly Review of Economics and Business, 22, 111-125.

Byrnes, P., S. Grosskopf y K. Hayes (1986). "Efficiency and Ownership: Further Evidence", Review of Economics and Statistics, 68, 337-341.

Charnes, A., W. Cooper, A. Lewin y L. Seiford, eds., (1994). *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications*, Kluwer Academic Publishers, Boston.

Christensen L. R. y W. H. Greene (1976). "Economies of scale in U.S. electric power generation", Journal of Political Economy 84, 655–676.

Christensen, L., D. Jorgenson y L. Lau (1973). "Transcendental Logarithmic Production Frontiers". The Review of Economics and Statistics, MIT Press, vol. 55(1), pages 28-45, February.

Clark, R. M. y R. G. Stevie (1981). "A Water Supply Cost Model Incorporating Spatial Variables", Land Economics, 57(1), 18-32.

Coelli, T., D. Prasada Rao, y G. Battese (1998). *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. Kluwer Academic Publishers.

Coelli, T. y S. Walding (2006). "Performance Measurement in the Australian Water Supply Industry: A Preliminary Analysis", en Coelli, T. y D. Lawrence (Eds.) (2006), Performance Measurement and Regulation Network Utilities, Edward Elgar.

Corton, M. L. (2003). "Benchmarking in the Latin American Water Sector: The Case of Peru," *Utilities Policy* 11: 13342.

Corton, M. L. y Berg S.V. (2008). Benchamarking Central American Water Utilities. Research Papers 08-21. Public Utility Research Center (PURC). University of Florida at Gainesville.

Crain, W. M., y A. Zardkoohi (1978). "A test of the property rights theory of the firm: water utilities in the United States," Journal of Law and Economics 21:2, pp. 395-408.

Cubbin, J. y G. Tzanidakis (1998). "Regression versus Data Envelopment Analysis for Efficiency Measurement: an Application to the England and Wales Regulated Water Industry," Utilities Policy 7, pp. 75-85.

Cubbin, J. (2005). "Efficiency in the water industry", Utilities Policy, 13, 289-293.

Da Silva e Souza, G., R. Coelho de Faria y T. B. Moreira (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.

De Witte, K. y E. Dijkgraaf (2007). "Mean and bold? On separating merger economies from structural efficiency gains in the drinking water sector". Tinbergen Institute Discussion Paper 2007-092/3.

Erbetta, F. y M. Cave (2006). Regulation and efficiency incentives: evidence from the England and Wales water and sewerage industry. Review of Network Economics 6 (2), 425–452.

Estache, A., y E. Kouassi (2002). "Sector Organization, Governance, and the Inefficiency of African Water Utilities," World Bank Policy Research Working Paper 2890.

Estache, A. y M. Rossi (2001). "Comparing the Performance of Public and Private Water Companies in Asia and Pacific Region. What a Stochastic Costs Frontier Shows", Policy Research Working Paper Series 2152, The World Bank.

Estache, A. y M. Rossi (2002). "How different is the efficiency of public and private water companies in Asia?" The World Bank Economic Review 16:1, pp. 139148.

Estache, A. y L. Trujillo (2003). "Efficiency Effects of «Privatization» in Argentina's Water and Sanitation Services", Water Policy, 5(4), 369-380.

Fabbri, P. y G. Fraquelli (2000). "Costs and Structure of Technology in the Italian Water Industry," Empirica 27:1, pp. 65-82

Faria, R. C.; G. Souza y T. B. Moreira (2005). "Public Versus Private Water Utilities: Empirical Evidence for Brazilian Companies", Economics Bulletin, 8(2), 1-7.

Feigenbaum, S. y R. Teeples (1983). "Public Versus Private Water Delivery: A Hedonic Cost Approach", Review of Economics and Statistics, 65, 672-678.

Ferro, G. (2007). Uso de fronteras de eficiencia econométricas con fines de benchmarking". En Series de Textos de Discusión CEER/UADE N° 60. Buenos Aires, mayo.

Ferro, G. y C. A. Romero (2007). Benchmarking de empresas de agua y saneamiento de Latinoamérica sobre la base de datos de ADERASA. Años 2003-2004 y 2005. Elaborado para ADERASA. Buenos Aires, febrero.

Ferro, G. y C. A. Romero (2009). Benchmarking de empresas de agua y saneamiento de Latinoamérica sobre la base de datos de ADERASA. Años 2003-2008. Elaborado para ADERASA. Buenos Aires, agosto.

Filippini, M., N. Hrovatin, J. Zorić (2008). Cost Efficiency of Slovenian Water Distribution Utilities: An Application of Stochastic Frontier Methods. Journal of Productivity Analysis 29(2), 169-182.

Ford, J. L. y J. J. Warford (1969). "Cost Functions for the Water Industry", Journal of Industrial Economics, 18, 53-63.

Fox, W. F. y R. A. Hofler (1986). "Using Homothetic Composed Error Frontiers to Measure Water Utility Efficiency", Southern Economic Journal, 53(2), 461-477.

Fraquelli, G. y V. Moiso (2005). Cost Efficiency and Scale Economies in the Italian Water Industry, Higher Education and Research on Mobility Regulation and the Economics of Local Services (HERMES), Working Paper, 8, Torino. Italy.

Fraquelli, G., M. Piacenza y D. Vannoni (2004). Scope and scale economies in multiutilities: evidence from gas, water and electricity combinations. Applied Economics 36 (18), 2045–2057.

Garcia, S., M. Moreaux y A. Reynaud (2007). Measuring Economies of Vertical Integration in Network Industries: An Application to the Water Sector. International Journal of Industrial Organization 25(4), 791-820.

García Sánchez, M. I. (2006). "Efficiency Measurement in Spanish Local Government: The Case of Municipal Water Services", Review of Policy Research, 23(2), 355-371.

García-Valiñas, M. A. y M. A. Muñiz (2007). "Is DEA Useful in the Regulation of Water Utilities? A Dynamic Efficiency Evaluation (A Dynamic Efficiency Evaluation of Water Utilities)", Applied Economics, 39, 245-252.

Garcia, S. y A. Thomas (2001). "The Structure of Municipal Water Supply Costs: Application to a Panel of French Local Communities", Journal of Productivity Analysis, 16, 5-29.

Garcia, S. y A. Thomas (2003). "Regulation of Public Utilities under Asymmetric Information. The case of Municipal Water Supply in France", Environmental and Resource Economics, 26, 145-162.

Gattoufi, S; M. Oral y A. Reisman (2004). "Data Envelopment Analysis Literature: A Bibliography Update (1951-2001)", Socio-Economic Planning Sciences, 38, 159-229.

Hall, D.; E. Lobina y R. de la Motte (2005). "Public resistance to privatisation in water and energy", Development in Practice, 15(3/4), 286-301.

Hargreaves, John, M. Parr, H. Lay y M. Weeks (2006). The evolution of Ofwat's Approach to Efficiency Analysis. Indepen Consulting. London, April.

Hayes, K. (1987), "Cost Structure of the Water Utility Industry", Applied Economics, 19, 417-425.

Hunt, L. C. y E. L. Lynk (1995). "Privatisation and Efficiency in the UK Water Industry: An Empirical Analysis", Oxford Bulletin of Economics and Statistics, 57(3), 371-388.

Kim, H. Y. y R. M. Clark (1988). Economies of Scale and Scope in Water Supply. Regional Science and Urban Economics 18, 479-502.

Kim, H. Y. (1987). "Economies of Scale in Multi-product Firms: An Empirical Analysis", Economica, 54, 185-206.

Kim, E. y H. Lee (1998). "Spatial integration or urban water services and economies of scale", Review of Urban and Regional Development Studies, 10(1), 3-18.

Kirkpatrick, C.; D. Parker y Y. F. Zhang (2006). "An Empirical Analysis of State and Private Sector Provision of Water Services in Africa", The World Bank Economic Review, 20(1), 143-163.

Kirkpatrick, C., D. Parker, y Y. F. Zhang (2004). "State versus Prive Sector Provision of Water Services in Africa: A Statistical, DEA and Stochastic Cost Frontier Analysis," Working Paper no. 70, Center on Regulation and Competition, University of Manchester, UK.

Kumbhakar, S. y C. Lovell, (2000). "Stochastic Frontier Analysis", Cambridge University Press, New York.

Knapp, M. R. J. (1978). "Economies of Scale in Sewage Purification and Disposal", Journal of Industrial Economics, 27(2), 163-183.

Lambert, D. K.; D. Dichev y K. Raffiee (1993). "Ownership and Sources of Inefficiency in the Provision of Water Services", Water Resources Research, 29 (6), 1573-1578.

Lin, C. (2005). "Service Quality and Prospects for Benchmarking: Evidence from the Peru Water Sector", Utilities Policy, 13(3), 230-239.

Lynk, E. L. (1993). "Privatisation, Joint Production and the Comparative Efficiencies of Private and Public Ownership: The UK Water Industry Case", Fiscal Studies, 14(2), 98-116.

Mann, P. C. y J. L. Mikesell (1976). "Ownership and Water System Operation", Water Resources Bulletin, 12(5), 995-1004.

Martins, R., A. Fortunato y F. Coelho (2006). "Cost Structure of the Portuguese Water Industry: a Cubic Cost Function Application", GEMF. No. 9.

McFadden, D. (1978). Cost, Revenue, and Profit Functions. Production Economics: A Dual Approach to Theory and Applications. Volume I: The Theory of Production.

Mizutani, F. y T. Urakami (2001). "Identifying Network Density and Scale Economies for Japanese Water Supply Organizations", Papers in Regional Science, 80, 211-230.

Mobbs, P. y E. Glennie (2004). "Econometric modelling with ADERASA data & indicator values", WRc (Draft).

Moreira, Ajax R. B. y Fonseca, Thais C. R. (2005). "Comparando Medidas de Productividad: DEA, Frontera de Producción Estocástica," Texto para discusión 1069, IPEA, Feb.

Morgan, W. D. (1977). "Investor Owned vs. Publicly Owned Water Agencies: An Evaluation of the Property Rights Theory of the Firm", Water Resources Bulletin, 13(4), 775-781.

Mosheim, R. (2006). "A Shadow Cost Function Model of the US Water Industry Incorporating Water Quality and Ownership Effects", en Coelli, T. y D. Lawrence (Eds.), Performance Measurement and Regulation Network Utilities, Edward Elgar.

Mugisha, S. (2007). "Effects of incentive applications on technical efficiencies: Empirical evidence from Ugandan water utilities", Utilities Policy, 15, 225-233.

Nauges, C. y C. van den Berg (2007). How "natural" are natural monopolies in the water supply and sewerage sector? Case studies from developing and transition economies, World Bank Policy Research Working Paper 4137, February.

Nauges, C. y C. van den Berg (2008). "Spatial heterogeneity in the cost structure of water and sanitation services: A cross-country comparison of conditions for scale economies", Working paper, Toulouse School of Economics (LERNA-INRA).

Nerlove, M. (1963). Returns to Scale in Electricity Supply. En "Measurement in Economics-Studies in Mathematical Economics and Econometrics in Memory of Yehuda Grunfeld", edited by Carl F. Christ. Stanford: Stanford University Press.

Norman, M., B. Stoker (1991). "Data Envelopment Analysis: the Assessment of Performance. John Wiley & Sons", Chichester NY.

OFWAT (1994). Setting Price Limits for Water and Sewerage Services. The Framework and Approach to the 1994 Periodic Review. Office of Water Services.

OECD (2004). "Policy roundtables. Competition and Regulation in the Water Sector". Competition Law & Policy, OECD.

OECD (2000). Global trends in urban water supply and waste water financing and management: changing roles for the public and private sectors, Centre for Co-operation with Non-members Environment Directorate, CCNM/ENV(2000)36/FINAL OECD. Paris.

OECD (2003). Improving Water Management, OECD. Paris.

Piacenza, M. y D. Vannoni (2004). "Choosing among alternative cost function specifications: an application to Italian multi-utilities", Economics Letters 82 (3), 415–422.

Picazo-Tadeo, A. J., F. González-Gómez y F. J. Sáez-Fernández (2009). "Accounting for Operating Environments in Measuring Water Utilities' Managerial Efficiency", The Service Industries Journal, 29, forthcoming.

Picazo-Tadeo, A. J., F. J. Sáez-Fernández y F. González-Gómez (2007). "The Role of Environmental Factors in Water Utilities' Technical Efficiency. Empirical Evidence from Spanish Companies", Applied Economics, in press, doi: 10.1080/00036840601007310.

Picazo-Tadeo, A. J., F. J. Sáez-Fernández y F. González-Gómez (2008). "Does service quality matter in measuring performance of water utilities?", Utilities Policy, 16(1), 30-38.

Price, J. (1993). "Comparing the cost of water delivered. Initial research into de impact of operating on company costs." OFWAT Research Paper number 1, Birmingham, March.

Raffiee, K., R. Narayanan, T. R. Harris, D. Lambert y J. M. Collins (1993). "Cost Analysis of Water Utilities: A Goodness-of-Fit Approach", Atlantic Economic Journal, 21(3), 18-29.

Renzetti, S. y D. Dupont (2003). Ownership and Performance of Water Utilities, The Journal of Corporate Environmental Strategy and Practice, 42, 9-19.

Romero, C. A. (2005). Benchmarking de empresas de agua y saneamiento de Latinoamérica sobre la base de datos de ADERASA. Preparado para ADERASA.

Saal, D., S. Reid (2004). "Estimating Opex Productivity Growth in English and Welsh Water and Sewerage Companies: 1993-2003," Aston Business School Working Paper RP0434.

Saal, D., D. Parker y T. Weyman Jones (2004). "Determining the Contribution of Technical, Efficiency, and Scale Change to Productivity Growth in the Privatized English and Welsh Water and Sewerage Industry: 1985-2000", Aston Business School Working Paper RP0433.

Saal, D. y D. Parker (2001). "Productivity and Price Performance in the Privatized Water and Sewerage Companies of England and Wales," Journal of Regulatory Economics 20:1, pp. 61-90

Saal, D. y D. Parker (2001). "The Impact of Privatization and Regulation on theWater and Sewerage Industry in England and Wales: a Translog Cost Function Model," Managerial and Decision Economics 21, pp. 253-268.

Saal, D. S. y D. Parker (2004). "The Comparative Impact of Privatization and Regulation on Productivity Growth in the English and Welsh Water and Sewerage Industry: 1985-1999", International Journal of Regulation and Governance 4(2), 139-70.

Saal, D. S. y D. Parker (2006). "Assessing the Performance of Water Operations in the English and Welsh Water Industry: A Lesson in the Implications of in Appropriately Assuming a Common Frontier", in Coelli, T. and D. Lawrence (Eds.), Performance Measurement and Regulation Network Utilities. Edward Elgar.

Sabbioni, G. (2005). "Econometric measures of the relative efficiency of water and sewerage utilities in Brazil." Public Utility Research Center, University of Florida.

Sabbioni, G. (2008). Efficiency in the Brazilian Sanitation Sector. Forthcoming in Utilities Policy. Research Papers, 07-08. Public Utility Research Center. University of Florida at Gainesville.

Sauer, J. y K. Frohberg (2007). "Allocative Efficiency of Rural Water Supply – A Globally Flexible SGM Cost Frontier", Journal of Productivity Analysis, 27, 31-40.

Shih, J-S; W. Harrington; W. A. Pizer y K. Gillingham (2004). Economies of Scale and Technical Efficiency in Community Water Systems, Discussion Paper 04-15, Resources for the Future. Washington, D.C.

Teeples, R. y D. Glyer (1987a). "Cost of Water Delivery System: Specification and Ownership Effects", Review of Economics and Statistics, 69(3), 399-408.

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

Thanassoulis, E. (2000b). "DEA and its use in the regulation of water companies", European Journal of Operational Research, 127, 1-13.

Torres, M. y C. J. Morrison-Paul (2006). "Driving Forces for Consolidation or Fragmentation of the US Water Utility Industry: A Cost Function Approach with Endogenous Output", Journal of Urban Economics, 59, 104-120.

Tupper, H. C. y M. Resende (2004). "Efficiency and Regulatory Issues in the Brazilian Water and Sewage Sector: An Empirical Study", Utilities Policy, 12, 29-40.

Von Hirshhausen, C., A.Cullmann, M. Walter, R. Wand y M. Zschille (2008). Quo vadis efficiency analysis of water distribution? A comparative literature review. Water

Economics Working Papers WP-WE-03, Technische Universitat Dresden, Chair of Energy Economics and Public Sector Management.

Walter, M., A.Cullmann, C. von Hirshhausen, R.Wand y M. Zschille (2009). Quo vadis efficiency analysis of water distribution? A comparative literature review. Utilities Policy, Article in Press. Elsevier.

Woodbury, K. y B. Dollery (2004). "Efficiency Measurement in Australian Local Government: The Case of New South Wales Municipal Water Services", Review of Policy Research, 21(5), 615-636.