

# **ADERASA: Estudio de Benchmarking de empresas de agua y saneamiento de Latinoamérica sobre su base de datos\***

*Carlos Adrián Romero y Paula Margaretic*

*Centro de estudios económicos de la Regulación  
Universidad Argentina de la Empresa*

## **I. INTRODUCCIÓN**

En el marco del convenio PPIAF-ADERASA, el Grupo Regional de Trabajo de Benchmarking (GRTB) ha comisionado a los autores, para la realización de estudios de fronteras de eficiencia, a partir de la base de datos e indicadores que dicho Grupo de Trabajo viene desarrollando.

Los objetivos de este primer trabajo son: verificar la posibilidad de la aplicación de estas tecnologías de benchmarking a la base del GRTB; y establecer los ajustes necesarios para su mejor aplicabilidad.

La construcción de una metodología de análisis comparativo del desempeño operativo de empresas reguladas en el sector de agua y saneamiento tiene por objetivo permitir, mediante la utilización de parámetros de comparación elaborados en base a técnicas de programación matemática y análisis económico, una evaluación del desempeño operativo y de la calidad del servicio prestado por empresas que presenten similitudes estructurales, constituyendo una herramienta para el análisis del desempeño consistente con los principios de la regulación económica por incentivos.

A tales efectos, este estudio apunta a realizar estimaciones y consiguientemente proponer una metodología para el análisis comparativo del desempeño operacional de las empresas del sector de agua y saneamiento. Para lograr esta meta, se definen las siguientes dimensiones de análisis: (i) búsqueda de los enfoques para comparación más apropiados para el sector; (ii) identificación del conjunto de información necesario y de las variables a incluir para la evaluación del desempeño relativo de las empresas de la muestra; (iii) realización de un análisis top-down de eficiencia comparativa de las empresas del sector.

Para realizar las estimaciones se utiliza la base de datos sectorial, actualmente en proceso de construcción, desarrollada por ADERASA<sup>1</sup> (Asociación de Entes Reguladores de Agua y Saneamiento de las Américas), que incluye datos de empresas dedicadas a la provisión de servicios de agua y saneamiento de Argentina, Bolivia, Chile, Colombia,

---

\* Se agradece la eficiente colaboración de Matías Maglione en el manejo de la base de datos y de Mariano González en la edición del informe.

<sup>1</sup> Proyecto de Benchmarking de ADERASA – GRTB (Grupo Regional de Trabajo de Benchmarking)

Costa Rica, Ecuador, Honduras, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú y Uruguay, para el año 2003. Esta base ha sido desarrollada teniendo como objetivo la creación de indicadores de gestión<sup>2</sup> para comparar el desempeño de dichas empresas. Se agrega a la base ADERASA, la base de empresas de Agua y Saneamiento de Brasil (en adelante, base BRASIL), que es un subconjunto de las empresas que integran la base del SNIS<sup>3</sup> (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, Brasil) seleccionado por tamaño de servicios para el año 2003, con el doble propósito de aumentar el número de observaciones y facilitar la participación activa en este proyecto de ADERASA para el país miembro.

A partir de estas bases de datos, en las siguientes secciones se describe: el proceso de elección del modelo final de estimación, cuyo objetivo es arribar a la mejor especificación y/o forma funcional del mismo; la estimación de diversas fronteras de eficiencia para el conjunto de empresas, con sus correspondientes medidas relativas de eficiencia; y un ejercicio de consistencia de los distintos ordenamientos de eficiencia obtenidos con diversos enfoques, tanto paramétricos como no paramétricos. Se incluye, además, una aproximación no técnica a las metodologías y su utilización en ambientes regulados.

## **II. LA REGULACIÓN POR INCENTIVOS Y EL ROL DEL BENCHMARKING<sup>4</sup>**

En la regulación basada en incentivos existen al menos cuatro objetivos básicos: i) crear fuertes incentivos a la minimización de costos, ii) promover una inversión en capital eficiente, iii) asegurar el recupero de los costos razonables de las empresas y un retorno justo sobre la inversión, e iv) incentivar la revelación de información para mitigar la asimetría de información entre regulado y regulador.

La asimetría de información entre el regulador y la empresa actúa en desmedro de los consumidores. Más de una década de experiencia en Latinoamérica muestra que el monitoreo del desempeño de los operadores monopólicos privados ha probado ser la parte más difícil de los procesos de reforma de los sectores de infraestructura encarados en la región.

La situación de desinformación del regulador se ve agravada por el hecho de que la empresa no tiene incentivo alguno para reconocer que opera con ineficiencias, como tampoco para declarar sus costos reales.

En este contexto, la comparación de la eficiencia relativa de varios monopolios es una herramienta potencialmente valiosa para reducir la asimetría de información inherente

---

<sup>2</sup> Ver ADERASA–GRTB Ejercicio Anual de Benchmarking 2004 – Indicadores de gestión para agua potable y alcantarillado.

<sup>3</sup> El SNIS fue concebido y está siendo desarrollado por el Programa de Modernização do Setor Saneamento PMSS, vinculado a la Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA, del Ministério das Cidades – MCIDADES

<sup>4</sup> Esta sección está basada en Margaretic, Petrecolla y Romero (2004)

a la relación regulador-empresa. Esta realidad ha sido reconocida en muchos de los procesos de reforma de los sectores de infraestructura en América Latina. De aquí la acumulación de datos por parte de ADERASA para el sector Agua y Saneamiento.

Resulta deseable que el regulador pueda contar con múltiples empresas entre las cuales realizar comparaciones. En este sentido, las dos alternativas para la comparación son el benchmarking y la competencia por comparación. Uno de los beneficios clave de estas metodologías es que promueven la revelación de información de parte de quien mejor la conoce: la empresa.

El procedimiento del benchmarking<sup>5</sup> aplicado a la regulación simplemente reposa en las mejores posibles evaluaciones del desempeño técnico de la actividad, dada la información disponible. A estas mejores prácticas se las denomina habitualmente como “fronteras” de producción o costos.

Al crear un fuerte vínculo entre la regla regulatoria y las diferencias entre empresas, el benchmarking y la competencia por comparación proveen a las empresas de mayores incentivos a revelar información sobre sí mismas y sobre el resto al regulador.

Los requisitos esenciales para el buen funcionamiento de la metodología de competencia por comparación<sup>6</sup> son los siguientes:

- ❑ **un buen número de empresas;**
- ❑ **que sean comparables:** *Un regulador rara vez tiene la buena fortuna de tener bajo su jurisdicción un gran número de empresas similares. Las empresas suelen diferir ampliamente en tamaño y características, y la cuestión que surge naturalmente es: ¿cómo hacerlas comparables?*
  - *Existen factores externos que pueden influir sobre el desempeño relativo de las empresas, factores sobre las cuales éstas no tienen control directo (variables ambientales). Si no se tienen en cuenta explícitamente las diferentes restricciones inherentes a las empresas, puede llegarse a una evaluación errónea de los niveles relativos de eficiencia de las mismas.*
  - *Cuando el regulador falla en identificar aquellos factores externos (y sólo aquellos) que afectan el desempeño (o los costos), aparece una oportunidad para un comportamiento estratégico de las empresas, consistente en tratar de justificar ineficiencias específicas como ajenas a su accionar.*
- ❑ **Con un regulador común.** *Una característica particular de la transformación del sector en algunos países es la intervención de múltiples jurisdicciones en el otorgamiento de las concesiones para operar el servicio. Si bien las distintas legislaciones pueden seguir lineamientos comunes, pueden existir diferencias entre jurisdicciones, generando el problema de que no exista un ente con poder sobre todo el sector, capaz de aplicar el mecanismo de competencia por comparación entre todas las empresas. Una solución a este*

---

<sup>5</sup> Ver Schleifer (1985)

<sup>6</sup> Ver Baldwin y Caves (1999) para una descripción más detallada

*inconveniente es el análisis de la información de otras jurisdicciones. Tal práctica se ve facilitada grandemente cuando existe un ente con jurisdicción en todo el sector.*

- *que cuente con información de las empresas.*

La gran ventaja de un sistema de competencia por comparación no radica en su capacidad de generar información sobre los verdaderos costos potenciales de las empresas, sino en los incentivos dinámicos que genera.

### III. REVISIÓN DE LA LITERATURA

La Tabla 1 resume los principales trabajos empíricos de fronteras de eficiencia aplicadas al sector de agua y saneamiento.

**Tabla 1: Revisión de la literatura de fronteras de eficiencia aplicada al sector agua y saneamiento**

<b>Autor</b>	<b>País</b>	<b>Productos</b>	<b>Insumos</b>	<b>Ambientales</b>
<b>Sabbioni</b> (2005)	<b>Brasil</b>	Costos Operativos, Volumen Agua, Volumen Cloacas, Conexiones Agua, Conexiones cloacas, Población Servida Agua, Población Servida, Cloacas	Gasto Salarial	Gasto Salarial
<b>Estache y Rossi</b> (2002)	<b>Asia</b>	Clientes, Conexiones, Estructura	Costos Operativos, Gasto Salarial	Densidad, Calidad (disponibilidad .de agua) dummy
<b>Stewart</b> (1993)	<b>UK</b>	Ventas, Volumen, Estructura, Bombeo	Costos Operativos, Red	
<b>Price</b> (1993)	<b>UK</b>	Agua Subterránea, Agua Superficial con tratamiento Bombeo, Estructura		Costo operativo medio
<b>Crampes</b> (1997)	<b>Brasil</b>	Volumen Agua producida, Conexiones	Costos Totales, Gasto Salarial	Gtos Operativos/Ingresos, Conexiones/empleados, Agua entregada/producida
<b>Tupper y Resende</b> (2004)	<b>Brasil</b>	Producción Agua, Tratamiento Sanitario, Población Servida Agua, Población Servida Saneamiento	Gasto Salarial, Costos Operativos, Otros Costos Operativos	Densidad de la Red de Agua, Población Servida Agua/ Extensión de la red
<b>Botasso y Conti</b> (2003)	<b>Ingllaterra y Gales</b>	Total Agua entregada (5), Total agua despachada, Perdida, Promedio de Bombeo, Total agua entregada a clientes no residenciales (6), Proxy de tamaño de firma, Proxy por stock de capital.	Costos Operativos, Costo Laboral Total (1), Cantidad Empleados tiempo completo (2), Longitud de cañerías Total de Fuentes (3), Fuentes de río (4)	Costo laboral unitario(1/2) riv=(4/3) Densidad poblacional nh=(5/6)
<b>Lin</b> (2005)	<b>Perú</b>	Volumen de agua facturada, Cantidad de clientes, Desembolsos anuales de capital (3), Total agua entregada (5), Total agua vendida (6), Stock de Capital (4) (la longitud de la red o el número de conexiones de agua pueden ser usados como proxy del stock de capital)	Costo Total, Número de empleados (1) (permanentes + contratados), Desembolso Total laboral (2), Longitud de red	Costo laboral unitario =(1/2), Cantidad de empleados cada 1000 conexiones, Costo del Capital =3/4, Agua faltante % =(5-6)/5, Agua no-faltante=(1-agua faltante), Cobertura de servicio %, Continuidad de servicio (horas/días), Porcentaje de muestras con cloro residual satisfactorio
<b>Lin y Berg</b> (2005)	<b>Perú</b>	Volumen de agua facturada, Cantidad de clientes, Cobertura de servicio, Continuidad de servicio	Costos Operativos, Cantidad de Empleados, Conexiones de Agua	
<b>Mobbs y Glennie</b> (2004)	<b>América Latina</b>	Población servida con conexión domiciliaria de agua potable (1), Población servida con alcantarillado sanitario (2) (Suma (1) + (2)), Cuentas de Agua Potable (3), Cuentas de Alcantarillado (4) (Suma(3)+(4)), Conexiones de Agua Potable (5), Conexiones de alcantarillado (6) (Suma(5)+(6)), Agua comercializada, Longitud total red de agua, Longitud total red de alcantarillado	Facturación total por servicios de agua potable y/o alcantarillado, Personal propio total	

Fuente: elaboración propia.

#### IV. CONCEPTO DE EFICIENCIA, ESTIMACIÓN Y CONSISTENCIA DE LAS MEDIDAS DE EFICIENCIA

Dado que la “frontera” no es conocida, el regulador se ve en la necesidad de estimarla, teniendo en cuenta que diferentes estimaciones de la frontera podrían llevar potencialmente a distintas evaluaciones. De este modo, para la construcción de la misma, es necesario tomar una serie de decisiones, las cuales se mencionan a continuación.

La primera decisión tiene que ver con la misma construcción de la frontera eficiente, y aquí las alternativas son básicamente dos:

- ❑ *una función teórica basada en conocimientos ingenieriles de los procesos que involucra la actividad (Tradición Bottom-up)*<sup>7</sup>
- ❑ *una función empírica construida a partir de los datos observados (Tradición Top Down).*

En el presente informe se estiman diversas especificaciones de la frontera de eficiencia siguiendo metodologías incluidas dentro de la tradición *top-down*.

Posteriormente, debe resolverse cuál es el concepto de eficiencia relevante que se intentará medir: **productiva (o total), técnica y asignativa**. Una decisión vinculada a esta última tiene que ver con el tipo de relación que se estimará:

- ❑ *una función de costos (estimaciones de la eficiencia productiva),*
- ❑ *una función de producción (sólo medidas de eficiencia técnica)–por nombrar sólo las más usuales.*

En este informe se realizan estimaciones con ambas aproximaciones. Asimismo, resulta necesario definir:

- ❑ *la técnica a utilizar (paramétrica o no paramétrica),*
- ❑ *la distribución del término de error, es decir, si la distancia a la frontera será atribuida enteramente a ineficiencias, o una parte será considerada como debida a factores aleatorios.*

Este trabajo incluye un proceso de búsqueda del modelo relevante utilizando gran variedad de técnicas paramétricas y no paramétricas<sup>8</sup>.

Después de resolver todas estas cuestiones vinculadas al tipo de frontera y a la metodología de estimación, el regulador aún no habrá concluido su tarea, sino que deberá decidir todavía sobre las variables a incluir en el análisis: los productos de la industria, los insumos y las variables ambientales, entre otras.

Luego de considerar las distintas elecciones que debe realizar el regulador, junto con las implicaciones regulatorias de cada opción particular, a continuación se resumen los pasos fundamentales de la construcción de un ejercicio de benchmarking<sup>9</sup>:

---

<sup>7</sup> Ver Galetovic y Bustos (2002) para un desarrollo más detallado de este sistema. Es importante recalcar que la utilización de empresa modelo implica suponer que no existe el problema de información asimétrica

<sup>8</sup> Para una descripción detallada de las metodologías ver Fried, Lovell y Schmidt (1993), Kumbhakar y Lovell (2000), Charnes, Cooper, Lewin y Seiford (1994) y Coelli, Prasada Rao y Battese (1998).

- ❑ *identificar un conjunto de empresas comparables;*
- ❑ *construir el corazón teórico del modelo: este paso comprende la selección del tipo de relación a estimar (función de producción, de costos o de distancia), la cual implica una elección sobre el concepto de eficiencia relevante; comprende también la definición de las variables (insumos y productos);*
- ❑ *elegir todas las variables ambientales que podrían potencialmente afectar el desempeño;*
- ❑ *estimar el modelo inicial y seguir un procedimiento de stepwise para asegurarse que todas las variables ambientales no significativas sean descartadas del modelo final;*
- ❑ *estimar el modelo final con las diversas técnicas disponibles; y*
- ❑ *aplicar el análisis de consistencia.*

Por tanto, la medición de la eficiencia a nivel empresas va a depender tanto de la metodología empleada como de la selección de variables explicativas.

Los reguladores que aplican el benchmarking<sup>10</sup> como parte del proceso de establecimiento del X en los sistemas de *price cap*, se podrían encontrar con resultados contradictorios. Una solución es el análisis de consistencia. Este impone ciertas condiciones básicas que deben cumplirse para que los resultados sean de utilidad para las autoridades regulatorias. La ventaja de un análisis de consistencia es que el regulador puede obviar la elección entre metodologías; las condiciones de consistencia llaman a utilizar diversas técnicas y a cruzar los resultados respectivos.

## **V. APROXIMACIÓN METODOLÓGICA Y FUENTES DE INFORMACIÓN**

Los estudios de frontera requieren una buena base informativa, por lo tanto los resultados se encuentran fuertemente condicionados por la calidad de la base de datos provista. En el presente trabajo se utilizaron las dos bases de datos mencionadas en la introducción: La base ADERASA y al base BRASIL. De ambas bases se tomaron las observaciones anuales para el período 2003.

Si bien la base de información con la que se cuenta es amplia, la calidad y cantidad de los datos no es homogénea entre variables. Esto es bastante notable con las variables monetarias, por ejemplo: costos totales, costos operativos, salarios. La continuación de la encuesta para los años siguientes va a permitir consolidar las variables “maduras,” es decir aquéllas con mayor proporción de respuestas y donde se presume mayor calidad de la información. Por ejemplo: cuentas, conexiones y longitud de redes, entre otras.

Adicionalmente, podría lograrse mayor cobertura de información, en cuanto a la cantidad de empresas, con la homogeneización de las variables críticas de los datos de

---

<sup>9</sup> Este procedimiento es seguido por Estache, Rossi y Ruzzier (2002)

<sup>10</sup> Ver Green y Rodríguez Pardina (1999)

Brasil con la base de ADERASA para los ejercicios de benchmarking, en especial sobre las variables monetarias.

Más allá de los aspectos mencionados con respecto a la base ADERASA para 2003, se estimaron medidas de eficiencia técnica y productiva. Los resultados obtenidos deben tomarse como los correspondientes a un ejercicio exploratorio. Esto es, de ninguna manera las comparaciones de eficiencia o la posición en el ranking de una determinada empresa debe considerarse como un resultado robusto. Este ejercicio es exploratorio, en el sentido que es un primer intento de buscar un modelo explicativo de las diferencias de eficiencia de empresas de Agua y Saneamiento, a partir de una base de datos en construcción.

Con respecto al concepto de eficiencia a medir, el informe incluye estimaciones de:

- ❑ *funciones de producción, que muestran las cantidades producidas como función de los insumos utilizados y brinda información sólo sobre la eficiencia técnica;*
- ❑ *funciones de costos, que representan el costo total de producción como función del nivel de producto y el precio de los insumos, y permiten estimar la eficiencia productiva o total;*
- ❑ *eficiencia de costos, en la cual se construye un modelo simple en el que se considera a los costos como un insumo, cuyo resultado es la proporción en la cual los costos pueden ser reducidos manteniendo el nivel de producto.*

Las metodologías utilizadas para las funciones de producción son DEA y Econometría; para las funciones de costos se utilizó econometría; y para la eficiencia de costos, Econometría y DEA. No todas ellas fueron incluidas en el presente resumen ejecutivo.

La primera tarea es la elección del modelo relevante, el corazón del modelo, y las variables que componen el ambiente de operación de las empresas. Seleccionar adecuadamente estas variables permite captar el contexto en el que se desenvuelven, a los efectos de hacer a las empresas comparables. Teniendo presente esta estructura se llevó a cabo un minucioso trabajo de elección de las variables que componían cada una de las partes. La búsqueda del modelo se realiza exclusivamente a partir de la base ADERASA. En una segunda etapa se procedió a ampliar el conjunto de empresas de la muestra con empresas provenientes del Brasil. Pero esta etapa se concentró en estimar la eficiencia relativa sobre la base del modelo elegido previamente, aunque limitado al número de variables compatibles entre las dos bases.

Como resultado de la búsqueda del modelo, se optó por utilizar como medida de costos a los costos operativos, y como producto a las conexiones de agua. Adicionalmente se incluye la cobertura del servicio de saneamiento, como proporción de la población total en el área bajo responsabilidad del operador. El número de empleados se utiliza como variable explicativa adicional. Idealmente, sería necesario incluir el precio del trabajo (salario) y/o el precio de algún otro insumo, ya que una función de costos muestra el costo total de producción como función del nivel de producto y el precio de los insumos, permitiendo estimar la eficiencia productiva o total (que luego puede ser descompuesta en técnica y asignativa).

Sin embargo, al momento no contamos con medidas adecuadas del precio de los insumos: trabajo y capital. En el primer caso, si bien se construyó una medida de salario promedio con la información que se disponía, el número de empresas para el cual fue posible calcularlo era demasiado reducido, por lo que el ajuste de los modelos ensayados no resultaba ser adecuado.

En este contexto, el problema con la información sobre precios de los insumos, pudo obviarse mediante la medición de la eficiencia de costos, considerando a los costos como un insumo más (o el único, en ciertas aplicaciones). El resultado sería la proporción en la cual los costos pueden ser reducidos, manteniendo el nivel de producto. El precio a pagar es la imposibilidad de separar la eficiencia asignativa. De hecho, debido a la falta de variables monetarias, el procedimiento empleado en el presente trabajo resulta ser una estimación de la eficiencia de costos.

De este modo, la variable dependiente está dada por los costos totales de operación. Las variables ambientales finalmente incluidas fueron: el número de micromedidores como proporción de los clientes; el volumen de pérdidas; y el porcentaje del volumen de agua subterránea. En la Tabla 2 se muestran las estadísticas descriptivas de estas variables.

**Tabla 2: Estadísticas descriptivas de algunas variables utilizadas en la base de 35 empresas**

Variable	Descripción	Unidad de Medida	Promedio	Máximo	Mínimo	Desvío estándar	Dispersión
L	Personal propio total	Nº	780	4,816	8	1,152	1.48
COBAP	Población servida con conexión domiciliar de agua potable sobre Población residente.	%	91.06	100	46.84	13.49	0.15
COBSP	Población servida con alcantarillado sanitario sobre Población residente.	%	73.55	99.82	14.81	24.54	0.33
CNXA	Conexiones de Agua Potable	Nº	266,471	1,536,985	2,398	370,091	1.39
NMMAP	Medidores Operativos sobre Cuentas de Agua Potable	%	67.00	104.34	3.40	38.02	0.57
VPERD	Agua no comercializada sobre Total agua despachada	%	36.00	66.00	2.00	15.00	0.40
COSOPT	Costos operativos y gastos generales	us\$ / 1000	28,020	135,089	841	36,380	1.30
VSUBTAP	Agua subterránea sobre Total Agua extraída e Importada	%	36.59	100.00	0.00	36.29	0.99

Fuente : elaboración propia.

La especificación es Cobb-Douglas y el estimador elegido es máxima verosimilitud. En los párrafos siguientes comentaremos algunos resultados que surgieron en el proceso de estimación del modelo.<sup>11</sup>

<sup>11</sup> Cabe considerar la razonabilidad de la especificación de tipo Cobb-Douglas, en particular, dados los supuestos restrictivos de la misma. En este sentido, sería deseable estimar una función de costos de tipo

El procedimiento utilizado para llegar al modelo final fue partir de un modelo sobre-parametrizado, en el que se incluyeron todas las variables que a priori podrían contribuir a explicar la función de costos del conjunto de las empresas de la muestra. A partir de éste, se llevó a cabo un proceso de eliminación reiterada de variables, dándonos como resultado el siguiente modelo final (ver Tabla 3).

**Tabla 3: Modelo sobre-parametrizado**

LCOSOPT	Coef.	Std. Err.
LL	0.693***	0.212
LCNXA	0.395**	0.172
LCOBSP	1.030**	0.351
LVPERD	-0.305*	0.169
LVSUBTAP	0.133*	0.070
LNMMAP	0.463***	0.100
_cons	-4.841***	1.600

*Nota: \*\*\* Significativa al 1%, \*\* Significativa al 5%,  
\* Significativa al 10%*

*Fuente: elaboración propia.*

La relación entre los costos, productos e insumos estimada a través del modelo anterior es de tipo estocástica, la cual se caracteriza porque el error de estimación está formado por dos componentes: un ruido estadístico y un término de ineficiencia que es el que se busca aislar. El ajuste del modelo es satisfactorio. El signo de los coeficientes es el esperado de acuerdo a la teoría. Las variables incluidas son significativas en conjunto e individualmente para explicar la variabilidad de los costos operativos. En particular, las variables pérdida de agua y agua subterránea son significativas al 10%. Adicionalmente, dado que todas las variables están expresadas en logaritmo natural, la interpretación de los coeficientes asociados es el de elasticidades, es decir, ante un cambio porcentual en la variable explicativa que consideremos, nos informará cuánto cambian en términos porcentuales los costos operativos.

Los residuos tienen dos componentes y, desde el punto de vista de las fronteras de eficiencia estocásticas, lo que buscamos es aislar la parte de ese residuo que corresponde puramente a ineficiencia. Es por ello que aspiramos al mejor ajuste posible del modelo estimado, bajo la premisa de que a través de un buen ajuste lograremos la mejor estimación que nos permita separar el componente de ineficiencia. En este contexto, aparece como relevante el hecho de que en los modelos anteriores, la proporción de ineficiencia en los residuos es muy pequeña. En otras palabras, los tests estadísticos realizados estarían mostrando que los residuos de la estimación se comportan como puramente estocásticos en cuyo caso, toda discrepancia entre la práctica observada y la frontera debería ser considerada como aleatoria. Ello no resulta deseable y, en última instancia, cuestiona la

---

translog. Sin embargo, no contamos con un número de observaciones suficiente. De hecho, esta sería una extensión al presente trabajo.

aplicabilidad de todo el enfoque. Si esto es así, no estaríamos siendo muy efectivos en la medición de la eficiencia relativa.

No es ilógico pensar que esta dificultad del modelo de captar adecuadamente en toda su extensión la complejidad del negocio, sea consecuencia del incumplimiento del requisito de varianza constante. Es por ello que se procedió a incluir esta cuestión en la estimación del modelo. Para ello se estimó el modelo suponiendo que la parte de error correspondiente a ineficiencia no era constante, sino que tenía una estructura particular. Se utilizó como variable que controla la estructura de la misma la cobertura del servicio de saneamiento.

Cabe señalar que se probaron otras alternativas, pero la que se muestra a continuación es la que ofrecía el mejor ajuste. Nuevamente, ello resalta la relevancia de mejorar la apertura de la información del sector. En la Tabla 4 se muestra el modelo final al que se arribó.

**Tabla 4: Modelo final**

LCOSOPT	Coef.	Std. Err.
LL	0.200 **	0.080
LCNXA	0.843 ***	0.091
LUPERD	-0.313 ***	0.081
LVSUBTAP	0.143 ***	0.037
LNMMAP	0.183 ***	0.057
_cons	-1.794 ***	0.502

*Nota: \*\*\* Significativa al 1%, \*\* Significativa al 5%, \* Significativa al 10%.*

*Fuente: elaboración propia.*

Tal como se puede observar, el ajuste resulta satisfactorio. El signo de los coeficientes es el esperado, de acuerdo a la teoría. Las variables incluidas son significativas en conjunto e individualmente para explicar la variabilidad de los costos operativos. En particular, la variable cobertura de saneamiento, la cual fue utilizada para explicar la variabilidad de la varianza de la ineficiencia, resultó ser significativa a los niveles usuales de confianza (en este caso, 1%). Las variables pérdida de agua y agua subterránea fueron también significativas al 1%. Ello constituye una mejora respecto a la especificación anterior.

Nuevamente, la interpretación de los coeficientes asociados es el de elasticidades. Sin embargo, persiste el problema de la escasa variabilidad de las medidas de eficiencia entre empresas. La variable densidad en sus distintas formas, sigue siendo no significativa. Por lo tanto, ello nos remitiría al problema ya comentado de inadecuada captación del ambiente de operación.

De la comparación de los resultados obtenidos a partir de las metodologías ensayadas para estimar la **eficiencia técnica, productiva y de costos**, surgen las siguientes conclusiones:

- *la variable densidad en sus distintas formas no resulta estadísticamente significativa. Tampoco resultaron significativas otras variables que buscaban controlar las diferencias de ambiente. Esto nos remite a dos problemas: (i) inadecuada captación del ambiente de operación y (ii) indisponibilidad de información detallada;*
- *tal como enfatizábamos anteriormente, es relevante la distinción y apertura de la información entre los servicios de agua y saneamiento, ya que ello no es trivial a la hora de ranquear la eficiencia relativa de las empresas, así como también es deseable contar con información que permita la apertura por tipo de cliente;*
- *tampoco se han encontrado variables que capten adecuadamente la calidad en la provisión del servicio.*

Una vez elegido el modelo utilizando métodos econométricos, se procedió a realizar estimaciones con al metodología DEA, utilizando las mismas variables escogidas como productos, insumos y ambientales. Se consideraron dos casos: (i) rendimientos constantes a escala (RCE) y (ii) rendimientos variables a escala (RVE).

En la Tabla 5 se resumen las medidas de eficiencia arrojadas por los distintos modelos y metodologías.

**Tabla 5: Estadísticas descriptivas de las medidas de eficiencia. Econometría**

	<i>Econometría</i>	<i>DEA (RCE)</i>	<i>DEA (RVE)</i>
Promedio	0.981	0.899	0.966
Mínimo	0.977	0.478	0.707
Desvío estándar	0.002	0.151	0.078
Dispersión	0.002	0.168	0.080

*Fuente: elaboración propia*

Los resultados para la Base ADERASA muestran niveles medios de eficiencia del orden de 0.90 y 0.96, respectivamente, que parecen ser muy altos en relación a otros estudios similares.

A continuación comentaremos los resultados obtenidos cuando a la base ADERASA se le incluyó las empresas de Brasil. En las estimaciones se consideraron dos modelos. En el modelo 1 se incluyeron las siguientes variables: (i) como productos: conexiones de agua y la cobertura en saneamiento; (ii) como insumos: costos de explotación y número de empleados; (iii) como variables de ambiente: volumen de micromedición, como porcentaje del volumen total de agua, y dummy regional, considerando si la empresa está o no en Brasil, con el fin de encontrar posibles diferencias de ambientes (por ejemplo diferentes marcos regulatorios o aspectos geográficos)<sup>12</sup>. En el modelo 2 se incluyó como producto a la extensión de red de saneamiento, en lugar de la cobertura de saneamiento.

<sup>12</sup> Sabbioni (2005) encuentra estadísticamente significativas dummies regionales para empresas de aguas y saneamiento en Brasil.

Los resultados utilizando econometría fueron similares para ambos modelos, esto es, una eficiencia promedio de 0.71. Sin embargo, en referencia al modelo 1, se puede observar en la tabla siguiente que las estadísticas descriptivas de los modelos estimados a través de econometría y DEA no son comparables: el promedio de las medidas de econometría resultan ser superiores a las obtenidas con el modelo DEA. Ello en principio no resulta demasiado razonable, dado que en general los modelos DEA arrojan medidas mayores, debido a la forma misma en que se construye la frontera. En cambio, en el caso del modelo 2, al observar las estadísticas descriptivas, surge que tanto la eficiencia media como los desvíos y valores máximos y mínimos de las especificaciones DEA y econometría, asumen valores mas comparables ente ellos: 0.71 en el caso del modelo econométrico, 0.73 la especificación DEA con el supuesto RCE y 0.79 con RVE. Ello estaría dando argumentos a favor de este segundo modelo, aunque, como se dijo, el fin de este trabajo sea meramente exploratorio. Lo anterior se resume en la siguiente tabla.

**Tabla 6: Estadísticas Básicas Función de Costos – Modelo 1**

	<i>Econometría</i>	<i>DEA (RCE)</i>	<i>DEA (RVE)</i>
Promedio	0.71	0.56	0.62
Desvío	0.17	0.28	0.31
Máximo	0.93	1.00	1.00
Mínimo	0.18	0.10	0.10
Observaciones	60	60	60

*Fuente: elaboración propia.*

**Tabla 7: Estadísticas Básicas Función de Costos – Modelo 2**

	<i>Econometría</i>	<i>DEA (RCE)</i>	<i>DEA (RVE)</i>
Promedio	0.71	0.73	0.79
Desvío	0.18	0.24	0.24
Máximo	0.92	1.00	1.00
Mínimo	0.21	0.21	0.21
Observaciones	60	60	60

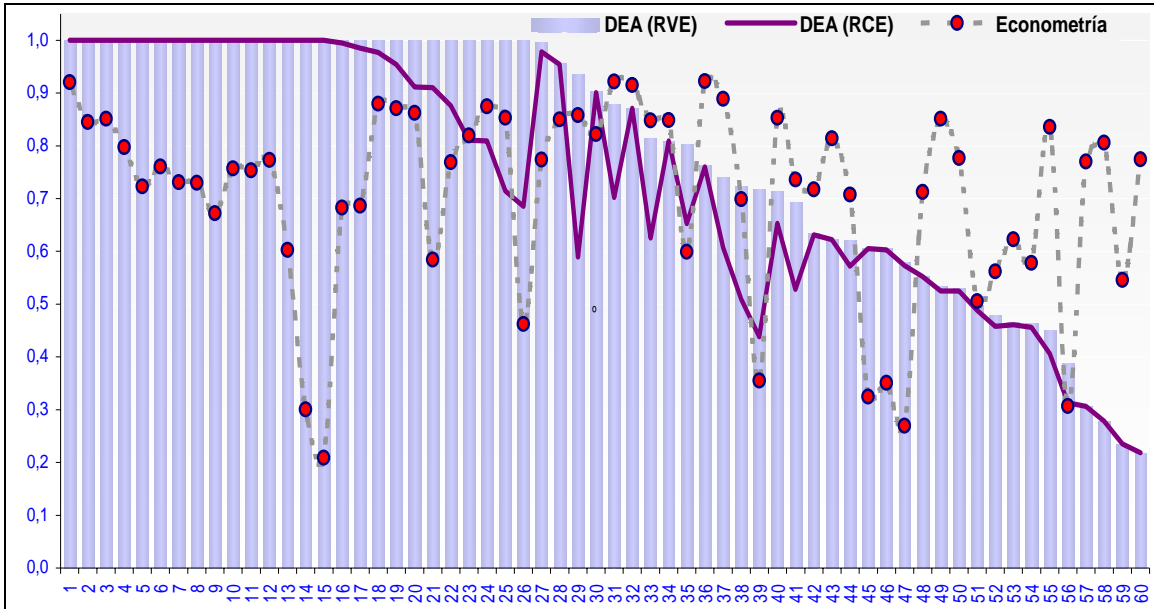
*Fuente: elaboración propia.*

Un punto que vale destacar es que en todas las especificaciones ensayadas con la base ampliada, las dummies correspondientes a los países, en particular Brasil, son significativas, dando cuenta nuevamente de la importancia de incluir variables que capten mejor los distintos ambientes y las diferencias existentes entre empresas, como ser las distintas regulaciones, marcos normativos, tipo de propiedad, diferencias regionales, etc.

Las distribuciones de las medidas de eficiencia relativa obtenidas a partir del modelo 2 se observan en el gráfico 1, que muestra las empresas en el eje horizontal ordenadas de más eficientes a menos eficientes.

Se observa que existe gran divergencia entre las estimaciones realizadas con DEA y econometría. Un resultado similar se obtiene cuando se compara el modelo 1.

**Gráfico 1: Medidas de eficiencia relativa obtenidas con el modelo 2, utilizando DEA y Econometría**



Fuente: elaboración propia.

## VI. ANÁLISIS DE CONSISTENCIA

Un problema con el que se enfrentan los reguladores al aplicar benchmarking es el gran número de metodologías disponibles para la medición de la eficiencia de empresas individuales, así como las varias alternativas de modelización. El problema se agrava si además las distintas metodologías dan resultados contradictorios. Para solucionar esta cuestión, es necesario un análisis de consistencia sobre los resultados obtenidos. Las condiciones de consistencia interna exigen que los distintos métodos:

1. generen distribuciones de medidas de eficiencia similares,
2. generen ordenamientos de empresas similares e
3. identifiquen a las mismas empresas como las “mejores” y las “peores”;

por su parte, la consistencia externa requiere que las medidas de eficiencia sean:

4. estables en el tiempo,
5. razonablemente consistentes con otras medidas de desempeño y
6. con las condiciones bajo las que se desenvuelve la industria.

La consistencia interna muestra la solidez de las metodologías para estimar la eficiencia relativa, mientras que la consistencia externa indica si las medidas obtenidas están en línea con las características de las empresas analizadas. En este último caso, el papel del regulador es de suma relevancia. La experiencia observada muestra que no existe una metodología conocida y consensuada, que permita trasladar fácilmente las medidas de eficiencia obtenidas a través de un estudio de benchmarking a una medida del factor X,

para aplicarse en el proceso regulatorio de tarifas<sup>13</sup>. Esto está asociado básicamente a dos motivos principales:

- *si las distintas metodologías no brindan resultados consistentes y robustos, no queda claro cuál de las medidas es una mejor aproximación al nivel de ineficiencia de las empresas, y*
- *aunque los resultados fueran homogéneos, quedaría por definir el tiempo en el cual las empresas ineficientes deberían reducir la brecha entre su situación actual y la situación ideal.*

El análisis de consistencia se realizó para la base ampliada (base ADERASA más base BRASIL). Como conclusiones generales se destacan:

- *La condición 1 no se verifica en el modelo 1 (Ver Tabla 5). En cambio, en el modelo 2, las medidas de eficiencia de los modelos econométricos, presentan estadísticas descriptivas sustancialmente más comparables a las medidas obtenidas con DEA (ver Tabla 6).*
- *Los resultados inter-enfoque son sustancialmente mejores en lo que se refiere al ordenamiento de empresas (Condición 2). El coeficiente de correlación de rangos de Spearman es superior a 0.90 para ambos modelos, mientras que este mismo coeficiente es menor a 0.20 cuando se comparan las alternativas DEA con las estimaciones econométricas. Por lo tanto, el desempeño comparativo de los modelos DEA entre sí, resulta ser sustancialmente mejor que cuando se comparan cada uno de ellos con las medidas obtenidas a través de econometría*

Si los resultados anteriores no se consideran satisfactorios, todavía queda la posibilidad de discriminar el factor X entre grupos de empresas, siempre que se cumpla la condición de consistencia que alude a la identificación de las mismas empresas como las mejores y las peores de la muestra. El triángulo inferior de la matriz mostrada en la Tabla 8 indica, para el modelo 2, la fracción de empresas (%) que ambos clasifican simultáneamente en el cuartil superior, mientras que el triángulo superior presenta lo mismo para el caso del cuartil inferior.

**Tabla 8: Consistencia en la Identificación de las Mejores y Peores Prácticas – Modelo 1**

	<i>Econometría</i>	<i>DEA (RCE)</i>	<i>DEA (RVE)</i>
<i>Econometría</i>		13.3	13.3
<i>DEA (RCE)</i>	40.0		100
<i>DEA (RVE)</i>	46.6	80.0	

*Fuente: elaboración propia.*

Como resultado se puede concluir que:

- *La comparación de modelos DEA-DEA en lo que se refiere a la identificación de mejores y*

<sup>13</sup> Rossi y Ruzzier (2000) introdujeron esta metodología en sectores regulados, que fue originalmente desarrollada por Bauer et al. (1998)

*peores prácticas, sigue arrojando mejores resultados. En cambio, los resultados siguen siendo pobres cuando se compara DEA-Econometría.*

## **VII. CONSIDERACIONES FINALES**

Las inconsistencias relevadas a partir de los modelos ensayados, sugieren la necesidad de mejorar las bases de datos con las que se ha trabajado.

Las recomendaciones que surgen con respecto a la mejora de la misma se presentan a continuación:

- ❑ *Primero, dar prioridad a la información relacionada con variables monetarias: costos y salarios. En una primera aproximación se recomienda mantener la agregación a nivel de la empresa sin separar los mismos por actividades. Además, sería importante concentrar el esfuerzo en cuatro variables: costos totales, costos operativos, nomina salarial y precio de compra de la energía.*
- ❑ *Segundo, relacionado con las variables mencionadas en el primer ítem, está el tema de asegurar la consistencia de las definiciones utilizadas en los diversos países. En particular la compatibilización con los datos de Brasil.*
- ❑ *Tercero, separar las actividades de agua y saneamiento. Si bien en la base existen variables que desagregan la información, hay pocas respuestas en la mayoría de los casos.*
- ❑ *Cuarto, con respecto a las variables ambientales, es preciso buscar variables que permitan diferenciar el ambiente del negocio. Es decir, variables que puedan afectar los costos pero no están bajo el control de la empresa. En este sentido, podrían ser candidatos algunas variables que incluyan características geográficas, o que representen un diferente marco regulatorio.*

Por otra parte este trabajo muestra que la base ADERASA podría potenciarse si se pudieran incorporar las empresas de Brasil con datos hoy disponibles del sistema SNIS. Para ello es necesario chequear la homogeneidad de las variables críticas para un ejercicio de benchmarking. El problema surge básicamente con las variables monetarias.

Debido en parte al tamaño de la muestra correspondiente a la base ADERASA 2003, no fue posible realizar estimaciones con metodologías econométricas alternativas, en particular a través de la utilización de funciones de distancia. De aquí surge también como recomendación, ampliar el espectro de metodologías a utilizar, en la medida que el tamaño de la base vaya aumentando.

De hecho, la mejora de las bases de datos permitiría aumentar la calidad y confiabilidad de los resultados de las medidas de eficiencia obtenidos a través de las distintas metodologías, contribuyendo a mejorar la consistencia entre ellos.

## **VIII. REFERENCIAS**

ADERASA – GRTB. Ejercicio Anual de Benchmarking 2004. Indicadores de gestión para agua potable y alcantarillado.

Baldwin, R. y M. Cave, 1999. *Understanding regulation. Theory, Strategy and Practice*, Oxford University Press, New York.

- 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.
- Bottasso, A. y M. Conti, 2003. "Cost Inefficiency in the England and Welsh Water Industry: An Heteroskedastic Stochastic Cost Frontier Approach," *Economics Discussion Papers*, University of Essex, Department of Economics.
- Charnes, A., W. Cooper, A. Lewin y L. Seiford, eds., 1994. *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications*, Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Coelli, T., D. Prasada Rao, y G. Battese, 1998. *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. Kluwer Academic Publishers.
- Crampes, C., N. Diette y A. Estache, 1997. "What could regulators learn from yardstick competition? Lessons for Brazil's water and sanitation sector" Mimeo, The World Bank.
- Estache, A. y Rossi, M., 2002. "How different is the efficiency of public and private water companies in Asia?" *The World Bank Economic Review* 16:1, pp. 139-148.
- Estache, A., M. Rossi, M. y C. Ruzzier, 2002. "The Case for International Coordination of Electricity Regulation: Evidence from the Measurement of Efficiency in South America," *Policy Research Working Paper* 2907, The World Bank.
- Fried, H., C. Lovell, y S. Schmidt, 1993. *The Measurement of productive efficiency: techniques and applications*. Oxford University Press, New York.
- Galetovic, A. y A. Bustos, 2002. "Regulación pro empresa eficiente: ¿quién es realmente usted?", *Estudios Públicos* 86, Otoño, pp. 145-182.
- Green, R y M. Rodriguez Pardina, 1999. *Resetting Price Controls for Privatized Utilities: A Manual for Regulators*, EDI Development Studies, Economic Development Institute, The World Bank, Washington D.C.
- Kumbhakar, S. y C. Lovell, 2000. "Stochastic Frontier Analysis," Cambridge University Press, New York.
- Lin, C. 2005. "Service Quality and Prospects for Benchmarking: Evidence from the Peru Water Sector," Public Utility Research Center, University of Florida, PO Box 117142, Gainesville FL, April.
- Lin, C. y S. Berg, 2005. "Consistency in Performance Rankings: The Peru Water Sector." May.
- Margaretic, P., D. Petrecolla y C. Romero, 2004. "Evaluación de la eficiencia de la operación de las distribuidoras de electricidad en la Argentina. Un análisis ex-post de la década de los 90," Fundación Fines, Buenos Aires, Agosto.
- Mobbs, P. y E. Glennie, 2004. "Econometric modeling with ADERASA data & indicator values," WRc (Draft).
- 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.
- Rossi, M. y C. Ruzzier, 2000. "On the Regulatory Application of Efficiency Measures," *Utilities Policy* 9, pp. 81-92.
- Sabbioni, G., 2005. "Econometric measures of the relative efficiency of water and sewerage utilities in Brazil," Public Utility Research Center, University of Florida.
- Shleifer, A. 1985. "A Theory of Yardstick Competition." *Rand Journal of Economics* 16(3): 319-327.
- Stewart, M., 1993. "Modeling water costs 1992-93: further research into the impact of operating conditions on company costs." OFWAT Research Paper number 2, December.
- Tupper, H. y M. Resende, 2004. "Efficiency and Regulatory Issues in the Brazilian Water and Sewage Sector: An Empirical Study," *Utilities Policy* 12, pp. 29-40.