

# UNA APROXIMACIÓN A LA DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA EN LAS EMPRESAS DE SERVICIO DE AGUA POTABLE Y RESIDUAL EN VENEZUELA

## AN APPROACH TO THE DETERMINATION OF THE EFFICIENCY OF WATER UTILITIES AND WASTEWATER IN VENEZUELA

Angel Higuerey <sup>1</sup>, Lourdes Trujillo <sup>2</sup>, María Manuela González <sup>3</sup>, Pierina D'Elia <sup>4</sup>

<sup>1</sup>Autor de contacto: Núcleo Universitario Rafael Rangel de la Universidad de Los Andes. Trujillo, Venezuela. anahigo@ula.ve <sup>2</sup>Departamento de Análisis Económico Aplicado, Facultad de Economía, Empresa y Turismo de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Las Palmas de Gran Canaria, España. ltrujillo@daea.ulpgc.es <sup>3</sup>Departamento de Análisis Económico Aplicado, Facultad de Economía, Empresa y Turismo de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Las Palmas de Gran Canaria, España. mmgonzalez@daea.ulpgc.es <sup>4</sup>Núcleo Valera de la Universidad Nacional Experimental "Simón Rodríguez". Valera, Venezuela. pierina.delia@gmail.com

### Resumen

En Venezuela, el servicio de suministro de agua potable y recolección de las aguas servidas en los 330 municipios del país, es prestado por 17 empresas operadoras. Todas ellas se supone que asumen los criterios de: calidad, eficiencia, confiabilidad, equidad, no discriminación y rentabilidad. El gobierno nacional ha llamado a incrementar la eficiencia. Con la eficiencia se garantizaría el retorno de los recursos invertidos y una mejora en la calidad del servicio, favoreciendo la inclusión social y el buen vivir de la población atendida. Este trabajo estimó la eficiencia técnica de las empresas de este sector para el período 1998-2008. Se tomó una muestra intencional con datos de 11 empresas que cubrían más del 80% de la población según el Censo del 2001. Para esto se usó una función de distancia orientada a los inputs. Empleando productos y factores de producción sugeridos por la literatura, se observó que la eficiencia promedio anual se incrementó, mostrando mejoras en las actividades desempeñadas por las empresas. Se discuten implicaciones de estos resultados considerando las competencias constitucionales asignadas a los municipios.

**Palabras clave:** Eficiencia, Empresas hidrológicas, Función de distancia, Venezuela

### Abstract

In Venezuela the drinking water supply and the waste water collection services, by law is a duty for each one and all of the 330 municipalities in the country. However it is currently provided by 17 operating companies. All of them on the following criteria: quality, efficiency, reliability, fairness, non-discrimination and profitability. The government has call to improve efficiency. The efficiency guarantees the return of investment and better quality of services, promoting the improvement in quality of life. This paper estimated technical efficiency of firms in this sector for the period 1998-2008. The sample included data from 11 companies responsible for more than 80% of the population according to the 2001 Census. A distance function to inputs was applied. Using outputs and inputs suggested by a literature review, it seems that the annual average efficiency has increased for the studied period. The improvement of activities performed by the firms was highlighted. Further implications for public policies in the sector are discussed, considering legal duties of municipalities.

**Keywords:** Efficiency, Firms hydrological distance function, Venezuela

**Recibido:** 25-09-2013 / **Aprobado:** 04-12-2013

## **1. Introducción**

El consumo de agua potable por la comunidad es garantía de una mejor calidad de vida. De acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas (ONU), cada persona necesita de 20 a 50 litros de agua al día libre de contaminantes perjudiciales. Por otra parte, el servicio de recolección de aguas residuales contribuye a mejorar la salud de la población, evitando enfermedades por el contacto con éstas.

Ahora bien, el agua como recurso natural debe cumplir ciertas características que la hagan apta para su uso o consumo. Para ello se han creado diversas organizaciones encargadas de prestar este servicio, garantizando la calidad del agua de consumo y la recogida y tratamiento de las aguas residuales. Estas empresas pueden ser públicas o privadas, tienen un gran capital invertido (gran parte de ellos bajo tierra) y son consideradas un monopolio natural.

El ciclo de la industria del agua comprende las dos grandes actividades, servicio de agua potable y el servicio de recolección de aguas residuales o alcantarillado. En la primera se diferencia la producción (extracción y potabilización) y el transporte de agua potable (transmisión y distribución). Por su parte el servicio de alcantarillado se divide también en dos, la recolección de las aguas servidas y pluviales, y el tratamiento de las primeras para su posterior disposición, bien sea a su origen o para otros usos. Todo este proceso puede ser realizado por una sola empresa, como es el caso de Venezuela, o por diferentes organizaciones.

De lo anterior se desprenden las siguientes características que inciden en las redes de distribución: el tiempo de uso, la clase de cliente y la localización en la zona servida (Kim, 1987); por lo tanto los costos marginales van a variar para los distintos usos de los servicios de agua.

Un factor que incide en los costes de capital es la fuente de extracción, ya que es probable que las fuentes superficiales se asocien con menores costes de capital, pues necesitarían menos inversión en presas, represas, etc.

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

Ahora bien, el manejo eficiente de estas empresas garantiza el retorno del capital y una mejora en el precio y la calidad de producto. El Estado procurará una situación de competencia en las empresas, empleando indicadores para medir su eficiencia, buscando elevar estos niveles, mantener la calidad del producto, asegurar el suministro continuo y bajar nivel de pérdidas de agua.

Por consiguiente, la elección de la metodología e indicadores que se utilicen para la medición de la eficiencia debe tener en cuenta las particularidades del sector bajo análisis. En sectores regulados, como es el caso de la industria de agua, las empresas se encuentran

obligadas a satisfacer la demanda, no pudiendo decidir el nivel de producto a ofertar. Por lo tanto, dado que el producto es exógeno, la empresa para maximizar sus beneficios minimiza sus costos.

Una de las técnicas mayormente utilizadas para medir el desempeño de las empresas son los números índices. En Venezuela, la empresa matriz del sector agua Compañía Anónima Hidrológica de Venezuela (Hidroven), ha elaborado indicadores de gestión que proveen información comparativa para las diferentes empresas hidrológicas. Este análisis fragmentado no permite establecer una medida de eficiencia global, por lo que se hace necesaria la realización de una investigación para determinar la eficiencia relativa de estas empresas.

El objetivo del presente trabajo es obtener medidas de eficiencia técnica de las empresas que prestan el servicio de agua potable y recolección de aguas residuales en Venezuela, empleando una función de distancia con una orientación a los inputs. Para ello se estimaron varios modelos eligiendo los productos y factores de producción de acuerdo a las especificaciones comúnmente utilizadas en la literatura, incluida la más reciente disponible. En Venezuela, Escalona (2008) estimó la eficiencia de 15 empresas hidrológicas empleando el DEA (conocido así por sus siglas en inglés, Data Envelopment Analysis), para los años 2000 al 2005. Esta investigación es novedosa por la técnica aplicada, los años de estudios, las variables empleadas y las empresas incluidas.

La estructura del trabajo es la siguiente: en primer lugar, se describe el servicio de agua en Venezuela; a continuación, se explica la metodología, seguidamente se detallan los datos empleados; para posteriormente mostrar los resultados obtenidos; por último se presentan las conclusiones de la investigación.

## **2. El servicio de agua en Venezuela**

En Venezuela el servicio de agua es regulado principalmente por la Constitución Nacional y por la Ley Orgánica para la Prestación de los Servicios de Agua Potable y de Saneamiento del año 2000, reformada en 2007. De acuerdo a ello, la prestación del servicio de agua potable y servida (o residuales) es de competencia municipal; situación que no se cumple en la realidad. La última norma contempla la creación de instituciones que hasta la fecha no se han constituido, y es Hidroven quien asume las funciones de dichas instituciones.

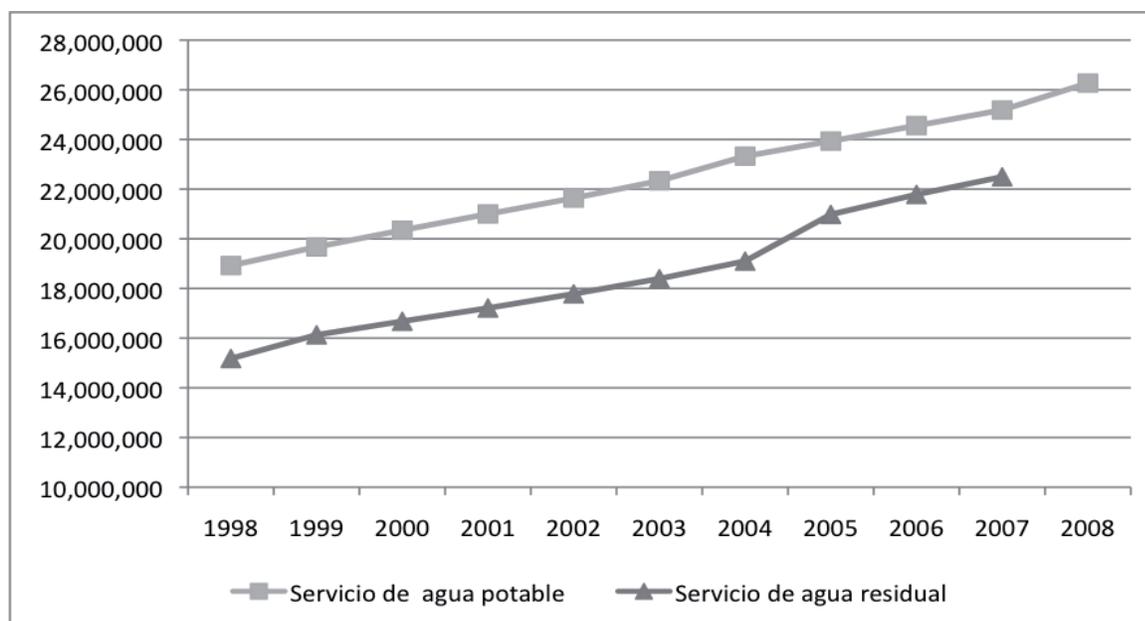
Hidroven tiene la responsabilidad de desarrollar las políticas y programas en materia de abastecimiento de agua potable, recolección y tratamiento de las aguas servidas y drenajes urbanos. También dicta las directrices para la administración, operación, mantenimiento y ampliación de los sistemas que son atendidos por cada filial. A la casa matriz la acompañan 17 empresas operativas que se encargan de prestar el servicio de agua potable, residuales y pluviales y, en algunos casos, el tratamiento de las aguas residuales.

Para el año 2001, un 86% de las viviendas censadas en Venezuela gozaban del servicio de agua por tuberías. Sin embargo, un poco más de la mitad (68%) contaban con la recolección de las aguas residuales, y solo el 12% de las aguas residuales a nivel nacional eran tratadas (Sandia, 2002). Tal como se aprecia en la Figura 1, el servicio de agua potable y residual ha venido en incremento, a una tasa promedio del 3% anual, a excepción del servicio de aguas

residuales, que en el año 2005 tuvo un incremento aproximado al 10%. Para el año 2008 la cobertura de servicio de agua potable era de un 94% y del agua residual para el año 2007 se situaba en un poco más del 80%.

Cabe mencionar que la mayor cobertura del servicio de agua potable se ha originado en la población rural, que superó el 55 % del año 1998 para ubicarse en 71 % en el 2008; mientras que el servicio de agua residual se incrementó de un 28 % en el año 1998 al 57 % para el año 2007. No obstante, de acuerdo a informaciones oficiales (pagina web de Hidroven), Venezuela cubrió las metas del milenio establecido por la ONU, al aumentar el número de habitantes con acceso a agua potable.

Ahora bien, a pesar de este incremento en la población con servicio de agua potable y residuales, un gran número de usuarios no cancelan el servicio, y en opinión de Francisco (2005) esta situación es motivada a tres razones: a) baja capacidad de pago de la población o no tienen para cancelar el servicio; b) personas que poseen un mal servicio, pues se ofrece por ciclo de 5 a 7 días o por las noches; y c) ineficiencia en las empresa operadoras que no han llegado con el catastro a entregar el recibo a personas que si pueden cancelar.



Fuente: Hidroven. Elaboración propia  
 Figura 1. Población con servicio de agua potable y residual

En la Tabla 1, se pueden observar las empresas hidrológicas que operan en Venezuela, así como el territorio y la población atendida según el censo de 2001. Las empresas centralizadas se caracterizan por ser sociedades mercantiles, con autonomía financiera y funcional, atienden las directrices de Hidroven y su capital está totalmente constituido por dinero del gobierno nacional. Por el contrario, el capital de las empresas descentralizadas está formado por aportes de los municipios y en algunos casos de las gobernaciones. En estas empresas, Hidroven ejerce una regulación indirecta, fortaleciendo los principios generales de la regulación por contrato y evaluando el cumplimiento de metas e indicadores; pero al

decir de Sandia (2002) esta regulación no ha sido eficaz, ya que fueron los mismos entes regulados quienes establecieron las metas e indicadores a cumplir.

En resumen, el sector APyS está siendo atendido por 9 empresas regionales, bajo una administración centralizada, coordinada por Hidroven; 7 empresas locales, en las cuales los municipios tienen participación conjuntamente con las gobernaciones; y una zona atendida por la Gerencia de Obras Sanitarias e Hidráulicas de la Corporación Venezolana de Guayana (GOSH-CVG), institución gubernamental. Para el 2001 las empresas centralizadas atendieron un poco más del 75% de la población venezolana, que se encontraban distribuidas en el 41% de la extensión territorial.<sup>1</sup>

Tabla 1. Extensión y población atendidas por las empresas del sector APyS de Venezuela

Dependencia	Empresa	Extensión		Población Censo 2001		% Extensión	% Población Censo 2001
		Km2	%	Población	%		
Centralizadas	Hidroandes	42.600	4,6	1.233.071	5,3	41,0	75,7
	Hidrocapital	9.879	1,1	4.465.267	19,4		
	Hidrocaribe	56.250	6,1	2.382.559	10,3		
	Hidrocentro	26.464	2,9	3.634.889	15,8		
	Hidrofalcon	24.800	2,7	763.188	3,3		
	Hidrolago	63.100	6,9	2.983.679	12,9		
	Hidrollanos	76.500	8,3	377.756	1,6		
	Hidropaez	64.986	7,1	627.086	2,7		
	Hidrosuroeste	11.100	1,2	992.669	4,3		
Descentralizadas	CVG-GOSH	220.344	24,0	168.451	0,7	59,0	24,3
	AMérida	10.691	1,2	628.181	2,7		
	AMonagas	28.930	3,2	712.626	3,1		
	APortuguesa	15.200	1,7	725.740	3,1		
	AYaracuy	7.100	0,8	499.049	2,2		
	Hidrolara	19.800	2,2	1.556.415	6,8		
	AEjido	609	0,1	87.087	0,4		
	Hidrobolivar	238.000	26,0	1.214.846	5,3		
<b>Total</b>	<b>916.353</b>		<b>23.052.559</b>				

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Hidroven. Elaboración propia

En cuanto a la estructura de costo del sector, para el año 2007 estaba distribuida de la siguiente manera: personal 22%, operadoras 33%, electricidad 19%, otros 17%, otros materiales y suministros 4% y sustancias químicas 5% (Hidroven 2006). En lo que se refiere a la facturación del servicio de agua potable y recolección de aguas residuales, este se mide por el agua consumida y su precio se encuentra regulado por el Estado. En la resolución Número 18 del 2010 del Ministerio del poder popular para el Ambiente, que es la más reciente,

<sup>1</sup> Una descripción mas detallada puede obtenerse en Higuerey, y col. (2012)

se establecieron precios medios referenciales diferentes para cada una de las empresas centralizadas, incorporando un ligero incremento sobre el precio anterior, que data del 2004. Este último autorizaba un aumento entre 5% y 15% para los suscriptores residenciales, sobre los precios fijados desde 1993. La situación precaria de los precios se observa, al compararla con la inflación acumulada de 1993 a 2010, la cual supera los 3 dígitos.

Ahora bien, la población atendida y la estructura de costos descrita anteriormente no es la misma para todas las empresas. Cada una de ellas tiene una combinación diferente; y su actuación estará influido por factores exógenos tales como: el tamaño de la zona a atender, la topografía, temperatura, entre otros; aspectos que en Venezuela son muy variables. Es decir, que aquella empresa que haga una mejor combinación de los factores, dadas las situaciones ambientales, será la más eficiente.

### 3. Especificación del modelo

Como se comentó anteriormente, el empleo de una función de distancia (FD) estocástica ha sido motivado por la naturaleza multiproducto de la industria de agua y a su poca aplicación en este sector (Saal y col., 2007 y Berg y Lin, 2008). La FD permite describir tecnologías que utilizan múltiples factores de producción para obtener varios productos sin tener que suponer un determinado comportamiento optimizador (maximización de la ganancia o minimización de los costos). Entre sus ventajas destacan las siguientes: su adaptación a los procesos productivos con varios outputs; no presupone ningún comportamiento económico, no supone la exogeneidad de los precios de los factores de producción; y la ineficiencia asignativa puede obtenerse sin necesidad de hacer supuestos restrictivos para separarla de la ineficiencia técnica.

La FD puede ser orientada a los outputs (productos) o a los inputs (factores de producción). Esta última, que es la empleada en este trabajo, se define como el mayor escalar por el que se puede multiplicar proporcionalmente todos los factores de producción y seguir produciendo el mismo nivel de outputs. Para describir la FD puede utilizarse el conjunto de todos los vectores de inputs,  $L(y)$  que permiten obtener el vector de output,  $y$ ; siendo  $y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$  el vector de los outputs; mientras que  $x = (x_1, x_2, \dots, x_3)$  el vector de los inputs.

$$(1) L(y) = \{x : y \text{ puede producir con } x\}$$

Por lo que la FD orientada a los insumos se define como:

$$(2) D_1(x, y) = \max \{r : (x/r) \in L(y)\}$$

La forma funcional empleada para la medición de la eficiencia en el presente trabajo es la translogarítmica; que es flexible, de fácil cálculo y permite imponer la condición de homogeneidad. La función translogarítmica aplicada a la función de distancia dirigida a los inputs, puede escribirse de la siguiente manera: (3)

$$\ln D_i = a_0 + \sum_{m=1}^M a_m \ln y_{mit} + \frac{1}{2} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M a_{mn} \ln y_{mit} \ln y_{nit} + \sum_{k=1}^K b_k \ln x_{kit} + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^K b_{kl} \ln x_{kit} \ln x_{lit} \\ + \sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^M d_{km} \ln x_{kit} \ln y_{mit} + \sum_{m=1}^M h_m \ln y_{mit} T + \sum_{k=1}^K g_k \ln x_{kit} T + f_1 T + \frac{1}{2} f_2 T^2 + \sum_{p=1}^P x_p z_{pit}$$

Donde:

$y$  es el vector de outputs, que van desde  $m, n=1$  hasta  $M$

$x$  es el vector de inputs, que van desde  $k, l=1$  hasta  $K$

$i$  es la empresa  $i$ -ésima

$t$  es el periodo de tiempo

$z$  representa las características exógenas

$T$  representa la variable tiempo utilizada y se estima que capture el efecto de la variación del tiempo que es común en todas las empresas en un período específico de tiempo (cambios de tecnología, cambios en políticas, mecanismos de regulación); mientras que  $\alpha, \beta, \delta, \eta, \gamma, \Phi$  y  $\zeta$  son los parámetros a estimar.

Ahora bien para obtener la frontera se debe fijar  $D_{it}=1$ ; lo que lleva a la parte izquierda de la ecuación (3) a ser igual a cero; lo que requiere que la función sea simétrica y homogénea de grado 1 en los inputs.

Las restricciones de homogeneidad de grado 1 en los inputs son:

$$\sum_{k=1}^K b_k = 1, \sum_{k=1}^K \beta_{kl} = 0; \sum_{k=1}^K \beta_{kl} = 0 \quad (k = 1, 2, 3, \dots, K)$$

Mientras que los requerimientos para la simetría son:

$$a_m = a_m \quad (m, n = 1, 2, 3, \dots, M) \quad y \quad b_k = b_k \quad (l, k = 1, 2, 3, \dots, K)$$

Por otra parte, las restricciones exigidas para el cumplimiento de la separabilidad entre inputs y outputs son:

$$d_{kn} = 0; \quad k = 1, 2, \dots, K; \quad m = 1, 2, \dots, M$$

Siguiendo a Lovell y col. (1994) una forma conveniente de imponer las restricciones de homogeneidad en la ecuación (3) es escogiendo arbitrariamente uno de los inputs, por ejemplo, el input  $k$  y estableciendo que  $\omega = 1/x_k$ , entonces resultaría:

$$(4) \quad D_i \left( \frac{x}{x_k}, y \right) = D_i (x, y) / x_k$$

Luego sustituyendo (4) en (3) se obtiene. (05)

$$\begin{aligned} h \left( \frac{D_i}{x_{kit}} \right) &= a_0 + \sum_{m=1}^M a_m h y_{mit} + \frac{1}{2} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M a_m h y_{mit} h y_{nit} + \sum_{k=1}^{K-1} b_k h x_{kit}^* + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^{K-1} \sum_{l=1}^{K-1} b_k h x_{kit}^* h x_{lit}^* \\ &+ \sum_{k=1}^{K-1} \sum_{m=1}^M d_{kn} h x_{kit}^* h y_{mit} + \sum_{m=1}^M h_m h y_{mit} T + \sum_{k=1}^K g_k h x_{kit}^* T + f_1 T + \frac{1}{2} f_2 T^2 + \sum_{p=1}^P x_p z_{pit} \end{aligned}$$

Donde  $K_k^* = X_k / X_k$ . Ahora bien, si  $X_k = X_k$  entonces la razón  $X_k^*$  va a ser igual a uno, luego el logaritmo va a ser igual a cero, desapareciendo todos los términos en los que aparece el input  $K$ . Es por eso que en los sumatorios de los outputs se hace hasta  $K-1$ . La ecuación (5) puede escribirse como: (6)

$$-\ln(x_{it}) = \alpha_0 + \sum_{m=1}^M \alpha_m \ln y_{mt} + \frac{1}{2} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M \alpha_{mn} \ln y_{mt} \ln y_{nt} + \sum_{k=1}^{K-1} \beta_k \ln x_{kt}^* + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^{K-1} \sum_{l=1}^{K-1} \beta_{kl} \ln x_{kt}^* \ln x_{lt}^* + \sum_{k=1}^{K-1} \sum_{m=1}^M \delta_{km} \ln x_{kt}^* \ln y_{mt} + \sum_{m=1}^M \eta_m \ln y_{mt} T + \sum_{k=1}^K \gamma_k \ln x_{kt}^* T + \phi_1 T + \frac{1}{2} \phi_2 T^2 + \sum_{p=1}^P \xi_p z_{pt} - \ln(D_{it})$$

El término de distancia  $-\ln(D_{it})$  puede ser visualizado como un término de error que explica las diferencia entre los puntos observados y los estimados por la función, interpretándose como una medida de ineficiencia. Por lo que el término  $-\ln(D_{it})$ , puede sustituirse por el término de error  $\varepsilon_{it}$ . Siguiendo a Saal y col. (2007) el error integrar de la frontera estocástica vendría determinado por:

$$\ln D_{it} = \varepsilon_{it} = v_{it} - u_{it}; \text{ en donde } i = 1, \dots, n \text{ y } t = 1, \dots, T \quad (7)$$

Reescribiendo la ecuación (6), se obtendría la siguiente (8):

$$-\ln(x_{it}) = \alpha_0 + \sum_{m=1}^M \alpha_m \ln y_{mt} + \frac{1}{2} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M \alpha_{mn} \ln y_{mt} \ln y_{nt} + \sum_{k=1}^{K-1} \beta_k \ln x_{kt}^* + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^{K-1} \sum_{l=1}^{K-1} \beta_{kl} \ln x_{kt}^* \ln x_{lt}^* + \sum_{k=1}^{K-1} \sum_{m=1}^M \delta_{km} \ln x_{kt}^* \ln y_{mt} + \sum_{m=1}^M \eta_m \ln y_{mt} T + \sum_{k=1}^K \gamma_k \ln x_{kt}^* T + \phi_1 T + \frac{1}{2} \phi_2 T^2 + \sum_{p=1}^P \xi_p z_{pt} + v_{it} - u_{it}$$

En donde  $v_{it}$  es un término de error simétrico, que representa los factores aleatorios que se encuentran fuera del control del empresario y que el modelo no puede explicar; mientras que  $u_{it}$  es un término de error no negativo (porque supone que la ineficiencia produce menos cantidad de producto) que mide la ineficiencia técnica de cada empresa, y que va a permanecer constante en el tiempo.

La ecuación (8) se estima por el método de máxima verosimilitud, y en este trabajo el comportamiento del error será, para  $v_{it} \sim N(0, \sigma_v^2)$  independiente e idénticamente distribuido; mientras que  $u_{it} \sim |N(0, \sigma_u^2)|$  representa la medida de ineficiencia. Las estimaciones de los parámetros fueron obtenidas empleando el programa Frontier 4.1 desarrollado por Coelli (1996).

#### 4. Los datos

Los datos necesarios para la realización de la investigación fueron facilitados por Hidroven. Se escogieron para el estudio la totalidad de las empresas centralizadas y 2 descentralizadas, quienes para el año 2008 eran responsables de más del 80% de la población. El ámbito de estudio abarca desde el año 1998 hasta el 2008, construyéndose un panel de datos balanceados con 121 observaciones.

Una visión general de las empresas se aprecia en la Tabla 2, donde se resalta que 4 de ellas atienden una población mayor al millón de habitantes y dos a más de 4 millones

de habitantes. Por otra parte, en cuanto al volumen de agua potable suministrada, no se aprecia una relación directa entre ésta y población atendida; al igual que entre el monto gastado en sustancias químicas y el número de plantas potabilizadoras. En lo que respecta a la electricidad, no se aprecia una relación de ésta con el volumen de agua potable.

Tabla 2. Caracterización de las empresas hidrológicas de la muestra

Empresa	Población con agua potable	Población con agua residual	Facturación (*)	Agua potable (**)	Personal(*)	Electricidad(*)	SQ (*)	PP
Hidroandes	1,160,376	1,102,295	18.774	196.841	534	3.491	1.449	7
Hidrocapital	4,948,081	4,200,068	316.543	878.864	4,492	51.068	18.688	11
Hidrocaribe	2,628,347	1,833,370	94.281	501.613	1,965	7.442	5.789	20
Hidrocentro	4,136,038	3,590,727	176.122	607.054	2,187	26.537	20.141	11
Hidrofalcon	838,069	582,846	70.542	141.601	1,036	6.254	2.004	7
Hidrolago	2,886,792	2,106,036	148.409	473.847	2,021	13.575	5.246	7
Hidrollanos	361,688	274,544	6.512	37.271	178	0.862	1.341	12
Hidropaez	678,908	608,593	16.166	91.571	516	3.508	2.721	13
Hidrosuroeste	1,097,329	913,961	29.137	149.329	651	0.825	2.435	6
AMérida	311,065	242,391	14.188	93.820	348	0.433	1.111	6
APortuguesa	705,085	545,786	13.892	138.936	358	0.153	0.828	1

SQ: Sustancias químicas. PP: Plantas Potabilizadoras

(\*) Millones de Bolívares

(\*\*) Volumen en millones de m<sup>3</sup>

Para la presente investigación se escogieron como productos la cantidad de población servida con recolección de aguas residuales y el volumen de agua potable suministrado por las empresas operadoras medida en metros cúbicos. Esta última es la variable mayormente empleada en los trabajos de eficiencia: Ford y Warford (1969), Kim (1987), Bhattacharyya y col. (1995), Schmint y Boisvert (1997), Ashton (1999, 2003), Fabbri y Fraquelli (2000), Saal y Parker (2000, 2001), Botasso y Conti (2003), Saal y Reid (2004), Coelli y Walding (2005), García-Sánchez (2006), Erbetta y Cave (2007), Saal y col. (2007), Filippini y col. (2008), Romero y Ferro (2009). Por otra parte, la primera variable escogida ha sido utilizada por Tupper y Resende (2004) y Romero y Ferro (2009).

Como factores de producción tomaron el trabajo, las sustancias químicas y las plantas potabilizadoras. El trabajo está medido por el total de personas que laboran en las empresas operadoras, y ha sido utilizado por Saal y Parker (2001), Estache y Trujillo (2003), da Silva e Souza y col. (2007), Berg y Lin (2008), Romero y Ferro (2009). Las sustancias químicas, se encuentran medidas por el monto anual en bolívares gastado en la adquisición de productos químicos necesarios para la potabilización del agua, y ha sido empleada por Bhattacharyya y col. (1994), García y Thomas (2001), Filippini y col. (2008).

Como una aproximación del capital (proxi de capital) se escogió el número de plantas potabilizadoras con que cuenta cada una de las empresas hidrológicas. En Venezuela existen cuatro sistemas de potabilización de agua, tres de ellos sencillos que no requieren de gran inversión. Para reflejar el capital de las empresas operadoras se tomó solamente aquellas

plantas que aplicaban el tratamiento completo, es decir: cloración - coagulación - floculación - sedimentación - filtración (completa). Se quiso utilizar los otros sistemas de potabilización, pero no resultaban significativos en los diferentes modelos que se incluyeron.

Para representar la tecnología se tomó la densidad, ya que mientras mayor sea la población a atender por las empresas esta requerirá una mejor tecnología. De acuerdo a Clark y Stevie (1981) varios estudios han proporcionado pruebas claras de que la densidad de la población es una buena variable ambiental. Algunos autores que la han utilizado son: Ford y Warford (1969), Clark y Stevie (1981), Kim (1987), Bhattacharyya y col. (1995), Schmint y Boisvert (1997), Ashton (1999, 2003), Fabbri y Fraquelli (2000), Botasso y Conti (2003), Saal y Reid (2004), García-Sánchez (2006), da Silva e Souza y col. (2007), Erbetta y Cave (2007), Filippini y col. (2008), Romero y Ferro (2009).

Para explicar la eficiencia, se ha tomado la altitud y la temperatura. La primera está medida por el número de metros sobre el nivel del mar y la temperatura en grados Celsius. Ambas variables fueron determinadas por el promedio de las ciudades principales a las cuales las empresas prestan servicio.

Si el promedio de la temperatura es alta puede aumentar la demanda de agua para el riego de jardines residenciales y comerciales, lo que traería consigo un aumento del volumen consumido por cada cliente, mientras que un amplio rango de temperaturas durante todo el año puede resultar en un pico alto del flujo promedio, este último conduce a mayores costos de capital por unidad de volumen entregado, porque la red tiene que estar construida para poder cubrir los toques máximos; es decir, mayor capacidad de almacenamiento (Coelli y Walding, 2005).

El desarrollo económico de cada región puede influir en la eficiencia de las empresas hidrológicas. Para representar esta situación, se tomó como indicador el producto interno bruto (PIB) a valores de paridad de poder adquisitivo (PPA), el cual refleja la suma de todos los bienes y servicios producidos en un año, en relación a su paridad del poder adquisitivo. Este dato no se encontraba disponible para los estados directamente, pero el Instituto Nacional de Estadística de Venezuela determina anualmente para cada uno de ellos el Índice de Desarrollo Humano (IDH). En este índice se encuentra un elemento denominado Componente Ingreso US\$ PPA<sup>2</sup>; que emplea para su cómputo el PIB-PPA, por lo que se hicieron los cálculos respectivos para hallar el dato de cada estado y luego fue promediado por la región que atiende cada empresa.

Se cree que la capacidad de producción de las empresas puede afectar la eficiencia de cada una de ellas, para ello se empleó la producción promedio en litros por segundo de cada una de las operadoras. Las estadísticas descriptivas de cada una de las variables mencionadas se pueden apreciar en la Tabla 3.

---

2 El Índice del PIB para calcular el IDH se utiliza el valor ajustado del PIB per cápita (PPA en US\$).

**Tabla 3. Estadísticas descriptivas de las variables**

Variable	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica
PSAR	121	154.327	4.200.068	1.297.235,63	1.213.472,78
VAP	121	25.467.000	878.864.332	275.969.406,71	241.300.918,03
TRA	121	141,00	4.492,00	1.078,47	1.001,48
SQ	121	126.210,00	20.140.901,00	2.380.340,82	3.406.083,69
PP	121	1,00	20,00	9,18	4,76
dens	121	5,04	539,43	96,43	137,50
Alt	121	14,50	990,00	320,79	298,60
PPA_US\$	121	3.381,63	13.876,46	7.503,42	2.345,44
temp	121	23,17	28,14	25,82	1,59

PSAR: población con servicio de agua residual. VAP: volumen de agua potable. TRA: trabajo. SQ: sustancia química. PP: número de plantas potabilizadoras. dens: densidad. Alt: altitud. PPA\_US\$: ingreso. temp: temperatura.

Tal como se comentó en párrafos anteriores, en Venezuela el tratamiento de las aguas residuales es muy bajo, y no todas las empresas prestan este servicio. Se utilizó una variable ficticia (*dummy*), que tomará el valor de 1 si la empresa presta este servicio y de 0 si no lo presta. Por otra parte, para expresar la situación administrativa de las empresas y ver qué tipo de administración está siendo más eficiente técnicamente, se creó otra *dummy* que toma el valor de 1 si la empresa es descentralizada y 0 si es centralizada.

En el año 2003 se empezaron a crear en Venezuela unas organizaciones denominadas Mesas técnicas de agua (MTA) y las cuales buscan canalizar la participación de la comunidad en forma permanente para obtener, mejorar y vigilar el servicio de agua potable y residual de sus zonas, a la vez que se fomenta una cultura que valore y cuide el recurso y el ambiente<sup>3</sup>. Para el año 2005 se habían creado más de dos mil MTA. Se creó una variable ficticia (*dummy*) que tendrá valor 1 a partir del año 2006 para reflejar la actuación de las MTA en las empresas operadoras y ver si la participación de las comunidades han contribuido a mejorar la eficiencia de las empresas.

### Resultados empíricos

A continuación se presentan los resultados de la estimación de la función de distancia previamente definida. Los datos han sido normalizados dividiendo cada input y cada output por su media geométrica, con el fin de facilitar la interpretación de los parámetros de la función traslogarítmica; lo que permite interpretar los coeficientes de primer orden como la elasticidad de cada uno de los inputs y outputs, evaluados en la media. Por otra parte, se ha empleado la restricción de homogeneidad para determinar aquellos parámetros que no se estimaron directamente.

Se hicieron tres modelos siguiendo a Battese y Coelli(1995) para la determinación de la frontera estocástica de distancia orientada a los inputs. Todos ellos incluyen como factores de

<sup>3</sup> Para ampliar información sobre las MTA se puede ver Lacabana y col. (2008). Las mesas técnicas de agua en el contexto de los cambios institucionales, la democracia participativa y la participación popular en Venezuela.

producción el trabajo (TRA), la sustancia química (SQ), el número de plantas potabilizadoras (PP) y la densidad (dens); y como productos la población con servicio de agua residual (PSAR) y el volumen de agua potable (VAP) como fueron descritos anteriormente.

Todos los modelos incluyeron las variables altitud (Alt), ingreso (PPA\_US\$), temperatura (temp), tratamiento de aguas residuales (Trata) y el tipo de administración de la empresa (Admon). En el modelo II se agregó la capacidad de producción (prod) y en el modelo III además del prod se añadió las Mesas técnicas de agua (MTA).

Por tratarse de una función de distancia orientada a los inputs, el signo de los parámetros de primer orden correspondiente a los outputs debe ser negativo, ya que aumentos en el nivel de alguno de los productos genera una reducción en la distancia de la empresa analizada respecto a la frontera; mientras que el signo de los insumos debe ser positivo, debido a que su disminución traerá consigo una reducción en la distancia de la empresa que se analiza. Tal como se aprecia en la Tabla 4, en todos los modelos los signos de los coeficientes de los outputs e inputs son el correcto y significativos, reflejando la adaptación de los modelos a la situación de Venezuela.

En los modelos II y III se destaca que la densidad, posee la mayor incidencia en la medición de la eficiencia y es altamente significativa, por lo que hay un mejor aprovechamiento de la concentración de población. En lo que respecta a los factores productivos, es el trabajo que mayor incidencia tiene en todos los modelos.

Cabe resaltar que en todos los modelos la variable altura y temperatura presentan el signo negativo y son significativas, asegurando la escogencia de la variable para especificar las condiciones topográficas de la zona. Dicho resultado muestra que aquellas empresas que están ubicadas en la parte alta serán las más eficientes, pues como se comentó anteriormente, pueden estar aprovechando la gravedad como medio de conducción del agua. En el caso de la temperatura, que tiene una mayor coeficiente que la altura, al parecer indica lo contrario de lo comentado anteriormente, pues mientras menor sea la temperatura, las empresas serán más ineficientes; y se supone, que a mayor altura la temperatura será más baja.

En lo que respecta a la capacidad de producción de las empresas se aprecia que aquellas con un mayor potencial de producción de agua, son las más eficientes. Por otra parte, las que están prestando el servicio de tratamiento de aguas residuales son más eficientes que aquellas que no lo hacen. Situación que pueda deberse al mejor aprovechamiento de los recursos entre las diferentes actividades de la industria.

Tabla 4. Parámetros estimados por modelo

Variable	Parám.	Modelo I			Modelo II			Modelo III		
		Coef.	Std	T-ratio	Coef.	Std	T-ratio	Coef.	Std	T-ratio
Constante	$\alpha_0$	0,380	0,050	7,541	0,489	0,048	10,150	0,460	0,055	8,388
ln(PSAR)	$\alpha_1$	-0,536	0,091	-5,880	-0,468	0,073	-6,426	-0,536	0,079	-6,813
ln(VAP)	$\alpha_2$	-0,388	0,091	-4,258	-0,535	0,080	-6,693	-0,442	0,082	-5,383
ln(PSAR).ln(PSAR)	$\alpha_{11}$	0,443	0,458	0,966	-0,517	0,436	-1,186	-0,242	0,509	-0,476
ln(VAP).ln(VAP)	$\alpha_{22}$	-0,176	0,453	-0,389	-0,987	0,378	-2,614	-0,654	0,438	-1,494
ln(PSAR).ln(VAP)	$\alpha_{12}$	0,079	0,409	0,192	0,879	0,353	2,495	0,577	0,416	1,389
ln(TRA)	$\beta_1$	0,425			0,280			0,330		
ln(SQ)	$\beta_2$	0,102	0,048	2,144	0,143	0,040	3,544	0,120	0,042	2,887
LN(PP)	$\beta_3$	0,196	0,051	3,861	0,200	0,046	4,315	0,190	0,052	3,647
ln(dens)	$\beta_4$	0,278	0,028	9,946	0,377	0,031	12,236	0,360	0,029	12,353
ln(TRA).ln(TRA)	$\beta_{11}$	0,726			0,464			0,605		
ln(SQ).ln(SQ)	$\beta_{22}$	-0,055	0,159	-0,344	-0,268	0,154	-1,745	-0,170	0,153	-1,115
LN(PP).LN(PP)	$\beta_{33}$	0,918	0,147	6,261	0,501	0,152	3,302	0,604	0,169	3,583
ln(dens).ln(dens)	$\beta_{44}$	-0,275	0,062	-4,444	-0,285	0,055	-5,225	-0,222	0,063	-3,518
ln(TRA).ln(SQ)	$\beta_{12}$	0,448			0,322			0,335		
ln(TRA).LN(PP)	$\beta_{13}$	-1,281			-0,915			-1,019		
ln(TRA).ln(dens)	$\beta_{14}$	0,107			0,130			0,079		
ln(SQ).LN(PP)	$\beta_{23}$	-0,099	0,119	-0,835	0,103	0,130	0,794	0,053	0,127	0,420
ln(SQ).ln(dens)	$\beta_{24}$	-0,294	0,067	-4,403	-0,156	0,059	-2,676	-0,218	0,067	-3,266
LN(PP).ln(dens)	$\beta_{34}$	0,462	0,079	5,876	0,312	0,072	4,344	0,361	0,076	4,742
T	$\Phi_1$	-0,010	0,005	-1,862	-0,005	0,004	-1,077	-0,016	0,006	-2,850
t.t	$\Phi_2$	-0,005	0,004	-1,457	-0,007	0,003	-2,192	-0,008	0,003	-2,323
ln(PSAR).t	$\eta_1$	0,045	0,030	1,525	0,055	0,028	1,995	0,071	0,032	2,217
ln(VAP).t	$\eta_2$	-0,029	0,029	-0,997	-0,034	0,028	-1,208	-0,034	0,032	-1,075
ln(SQ).t	$\gamma_2$	-0,009	0,014	-0,648	-0,013	0,012	-1,093	-0,017	0,013	-1,307
LN(PP).t	$\gamma_3$	-0,005	0,011	-0,458	0,002	0,010	0,205	0,018	0,012	1,509
ln(dens).t	$\gamma_4$	-0,037	0,008	-4,690	-0,033	0,007	-4,914	-0,034	0,008	-4,523
ln(PSAR).ln(TRA)	$\delta_{11}$	-0,978			-0,831			-0,819		
ln(PSAR).ln(SQ)	$\delta_{12}$	-0,631	0,179	-3,522	-0,432	0,178	-2,434	-0,530	0,186	-2,846
ln(PSAR).LN(PP)	$\delta_{13}$	1,087	0,229	4,742	0,849	0,225	3,782	0,916	0,232	3,958
ln(PSAR).ln(dens)	$\delta_{14}$	0,522	0,123	4,243	0,414	0,114	3,619	0,433	0,126	3,431
ln(VAP).ln(TRA)	$\delta_{21}$	-0,091			0,105			-0,001		
ln(VAP).ln(SQ)	$\delta_{22}$	0,683	0,196	3,489	0,599	0,201	2,985	0,717	0,208	3,444
ln(VAP).LN(PP)	$\delta_{23}$	-0,314	0,228	-1,378	-0,349	0,213	-1,639	-0,380	0,218	-1,744
ln(VAP).ln(dens)	$\delta_{24}$	-0,278	0,111	-2,502	-0,354	0,104	-3,398	-0,336	0,110	-3,058
	$\xi_0$	24,681	3,877	6,366	38,866	3,311	11,739	29,310	4,599	6,374
ln(Alt)	$\xi_1$	-0,617	0,061	-10,189	-0,720	0,040	-17,941	-0,605	0,070	-8,601
ln(PPA_US\$)	$\xi_2$	-0,212	0,076	-2,807	-0,006	0,021	-0,292	-0,175	0,112	-1,563
ln(temp)	$\xi_3$	-5,935	1,105	-5,371	-10,308	0,956	-10,779	-7,372	1,281	-5,755
ln(prod)	$\xi_4$				-0,151	0,016	-9,399	-0,019	0,038	-0,507
MTA	$\xi_5$							-0,139	0,065	-2,129
Trata	$\xi_6$	-0,697	0,081	-8,638	-0,719	0,093	-7,716	-0,763	0,083	-9,205
Admon	$\xi_7$	0,834	0,111	7,533	0,702	0,090	7,774	0,736	0,128	5,752
Sigma		0,025	0,002	11,953	0,029	0,003	9,499	0,024	0,003	9,558
Gamma		0,906	0,031	29,684	0,894	0,035	25,875	0,918	0,047	19,489
log likelihood function		112,042			121,262			121,707		
LR test of the one-sided error		61,253			79,693			80,584		

Ahora bien, en este caso de estudio, las empresas descentralizadas están representado por dos organizaciones, y de acuerdo al modelo, éstas son más ineficientes que las empresas centralizadas. Es de recordar que las centralizadas tienen una mayor población a la que le prestan el servicio de agua potable y recolección de aguas residuales, y aún así tienen una mejor utilización de los recursos.

En cuanto a la diferencia económica de las regiones venezolanas, ésta no incide en la mayor o menor eficiencia de las empresas operadoras, pues la variable no resultó significativa en los modelos II y III; mientras que en el modelo I, indica que aquellas zonas con menos producto per cápita, son las más ineficientes.

A fin de determinar el modelo que mejor se ajusta al presente estudio, se contrastaron los diferentes modelos propuestos empleando el test del ratio de verosimilitud ( $LR$ ), que se define como sigue:

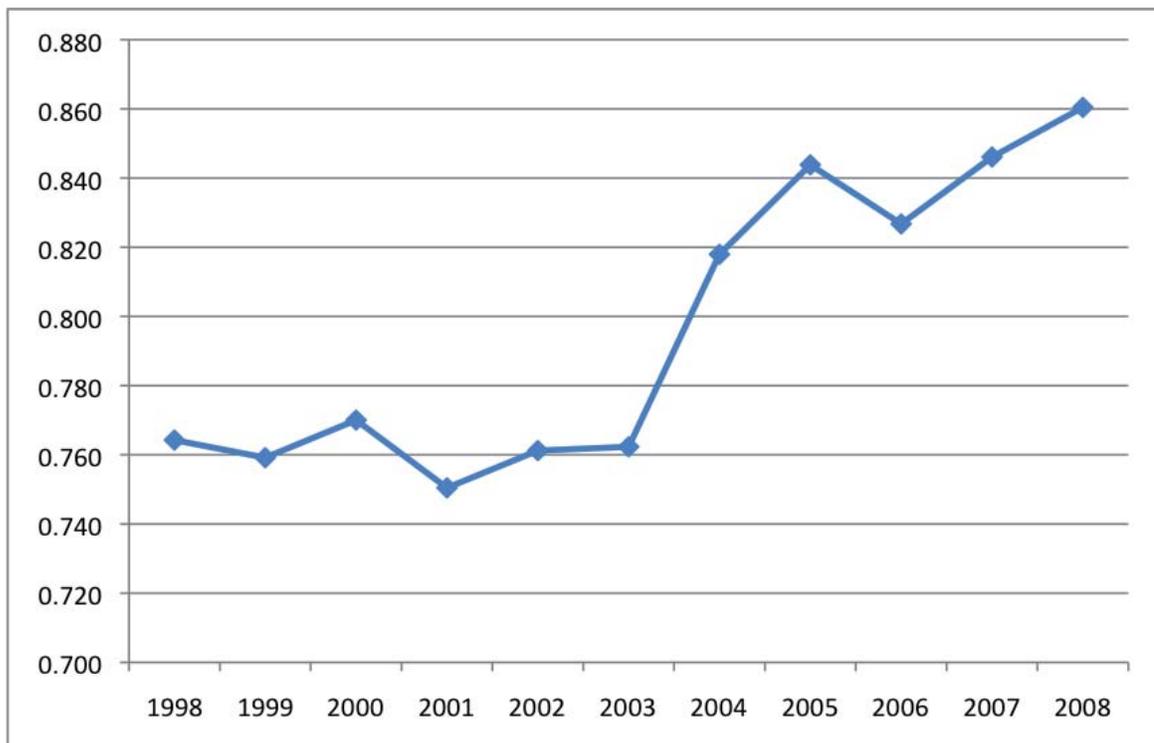
$$LR = -2 \left\{ \ln \left[ \frac{L(H_0)}{L(H_1)} \right] \right\} - 2 \{ \ln [L(H_0)] - \ln [L(H_1)] \} \quad (9)$$

Donde  $L(H_0)$  y  $L(H_1)$  representan el logaritmo de la función de verosimilitud bajo las hipótesis nula y alternativa, respectivamente. Este estadístico sigue una distribución  $\chi^2$ , con tantos grados de libertad como restricciones se hayan impuesto en la hipótesis nula. El Modelo II representa razonablemente la medida de eficiencia de la población en estudio, pues de acuerdo a la Tabla 5, esta hipótesis es aceptada cuando se compara con el Modelo III, mientras que la del Modelo I es rechazada a un nivel del 99,9%.

**Tabla 5. Test del ratio de verosimilitud**

Modelo		Restricciones	Función de verosimilitud	Valor crítico X2 (99,9%)	Decisión
Modelo III	Traslog completo		121,707		
Modelo II	Translog sin MTA	1	121,262	7,879	Aceptar $H_0$
Modelo I	Translog sin producción y MTA	2	112,042	10,597	Rechazar $H_0$

Ahora bien, es necesario comentar que de la eficiencia promedio de la industria se ha incrementado con el tiempo, a pesar de que el signo del parámetro “t” en el modelo es negativo, pero no significativo. Esta situación puede observarse claramente en la Figura 2 como la eficiencia promedio ha aumentado de manera creciente durante los años en estudio, siendo éste incremento mayor para los años 2004 y 2005. En el año siguiente, disminuyó pero luego tomó su tendencia a la mejora de la eficiencia. Demostrándose claramente el esfuerzo en conjunto por mejorar la gestión eficiente de las empresas operadoras.



**Figura 2. Eficiencia promedio en Venezuela**

No obstante a que el promedio de la eficiencia de la industria venezolana es alta, se aprecia que algunas operadoras tienen una eficiencia baja durante los años en estudio. Cabe resaltar, que las empresas descentralizadas que para 1998 contaban con las eficiencias más bajas, para el último año logran mejorarse, colocándose por encima de algunas empresas centralizadas.

El bajo promedio de eficiencia mostrado en Venezuela en los primeros años se debe a las empresas Hidrofalcon, Hidrosuroeste, AMerida y APortuuesa, cuya eficiencia se ubica por debajo de 0,5 en los años iniciales. También para el año 2008, se mantiene una gran diferencia entre los primeros puestos de eficiencia y los últimos, ocupados por Hidrofalcon e Hidrosuroeste.

Por otra parte, si bien las MTA no están incluidas como variable dummy en el Modelo II, se aprecia en la Tabla 4, que en el Modelo III aparecen significativas, indicando que la inclusión de las MTA en el ámbito de acción de las empresas han contribuido a mejorar la eficiencia de las empresas operadora. La información sobre la cantidad de las MTA creadas en Venezuela es a partir del año 2006; por ello se quiere ver si la cantidad de MTA de aguas que existen en la zona de influencia de las operadoras ha influido en la eficiencia.

Anteriormente se comentó sobre lo significativo del tipo de administración de las empresas en el grado de eficiencia. En la Tabla 6 se aprecia como las empresas centralizadas en promedio han sido líder durante los años en estudio; pero se observa que las descentralizadas han mejorado en alto grado su situación, llegando casi a igualar a las centralizadas. Tal situación es positiva para Venezuela, por cuanto todas las empresas buscan mejorar su situación, y esto va en beneficio de la comunidad.

**Tabla 6. Promedio de eficiencia por tipo de administración y año**

<b>Año</b>	<b>E m p r e s a s Centralizadas</b>	<b>E m p r e s a s Descentralizadas</b>
1998	0.850	0.380
1999	0.843	0.383
2000	0.849	0.413
2001	0.843	0.335
2002	0.851	0.359
2003	0.849	0.370
2004	0.849	0.678
2005	0.858	0.779
2006	0.856	0.694
2007	0.866	0.756
2008	0.862	0.852

### **Conclusiones**

En la presente trabajo se estimó la eficiencia en las empresas operadoras del servicio de agua potable y residuales de Venezuela, utilizando una función de distancia orientada a los insumos; para ello se construyeron 3 modelos de fronteras en los cuales se destaca la altura de la zona de las empresas.

El modelo II es el que mejor se adapta a la situación del sector en Venezuela, pues recoge aspectos importantes que inciden en la eficiencia de las empresas del sector APyS. En dicho modelo la eficiencia promedio anual fue en ascenso, demostrando la mejora en las actividades desempeñadas por las empresas.

Por otra parte, las empresa centralizadas son las que mantienen una mayor eficiencia en todos los años, pero para el último año en estudio, las empresas descentralizadas se aproximan al promedio de eficiencia de las centralizadas. Mientras que las empresas que prestan el servicio de tratamiento de aguas residuales tienen una mayor eficiencia que aquellas que no prestan este servicio.

Las empresas que están ubicadas a una mayor altura, tienen una mayor eficiencia; mientras que las que están ubicadas en zonas de mayor temperatura, también son más eficientes, situación que parece contradictoria.

### **Referencias bibliográficas**

- Ashton J. Capital utilization and scale in the English and Welsh water industry. *Services Industries Journal*. 2003, 23(5): 137-149,
- Ashton J. Economies of scale, economies of capital utilization and capital utilization en the English and Welsh water industry. Bournemouth University, School of Finance & Law. Working Paper series. 1999, 17.
- Battese G, Coelli T. A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data. *Empirical Economics*. 1995, 20: 325-332.

- Berg S, Lin C. Consistency in performance rankings: the Peru water sector. *Journal of Applied Economics*. 2008, 40(6): 793-805.
- Bhattacharyya A, Harris T, Narayanan R, Raffiee K. Allocative efficiency of rural Nevada water systems: a hedonic shadow cost function approach. *Journal of Regional Science*. 1995, 35(3): 485-501.
- Bhattacharyya A, Harris T, Narayanan R, Raffiee K. An examination of the effect of ownership on the relative efficiency of public and private water utilities. *Land Economics*. 1994, 70 (2): 197-209.
- Botasso A, Conti M. Cost inefficiency in the English and Welsh water industry: an Heteroskedastic stochastic cost frontier approach. DIEM, University di Genova, 2003.
- Clark R, Stevie R. *A water supply cost model incorporating spatial variables*. *Land Economics*. 1981, 57 (1): 18-32.
- Coelli T, Walding S. Performance measurement in the Australian water supply industry. CEPA. Department of Econometrics, University of New England, Armidale NSW Australia. 2005, Working Paper Series 01/2005.
- Coelli T. A guide to FRONTIER version 4.1: A computer program for stochastic Frontier production and cost function estimation, CEPA, Department of Econometrics, University of New England, Armidale NSW Australia. 1996, Working Paper 96/7.
- da Silva E Souza G, Coelho de Faria R, Moreira T. Estimating the relative efficiency of Brazilian publicly and privately owned water utilities: a stochastic cost frontier approach. *Journal of the American Water Resources Association*. 2007, 43 (5): 1237-1244.
- Erbetta F, Cave M. Regulation and efficiency incentives: evidence from the England and Wales water and sewerage industry. *Review of Network Economics*. 2007, 6 (2): 425-452.
- Escalona L. *Mercado de agua en Venezuela: análisis de la eficiencia técnica global y económica de las empresas hidrológicas venezolanas*. Tesis doctoral Universidad de Zaragoza, España. 2008
- Estache A, Trujillo L. Efficiency effects of privatization in Argentina's water and sanitation services. *Water Policy*. 2003, 5 (4): 369-380.
- Fabbri P, Fraquelli G. Cost and structure of technology in the Italian water industry. *Empirica*. 2000, 27 (1): 65-82.
- Filippini M, Hrovatin N, Zoric J. Cost efficiency of Slovenian water distribution utilities: an application of stochastic frontier methods. *Journal of Productivity Analysis*. 2008, 29.
- Ford J, Warford J. Cost functions for the water industry. *Journal of industrial Economics*. 1969, 18.

- Francisco C. Cambio y equidad del servicio del agua en Venezuela. CDC. [online]. mayo 2005, vol.22, no.59 [citado 18 Enero 2011], p.145-160. Disponible en: <[http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1012-25082005000200010&lng=es&nrn=iso](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1012-25082005000200010&lng=es&nrn=iso)>. ISSN 1012-2508, 2005
- Garcia S, Thomas A. The structure of municipal water supply costs: application to a panel of French local communities. *Journal of Productivity Analysis*. 2001,16.
- García-Sánchez I. Efficiency measurement in Spanish local government: the case of municipal water services. *Review of Policy Research*. 2006, 23.
- HIDROVEN. Indicadores de Gestión I Trimestre 2006. XXIII Reunión de Presidentes de Empresas Hidrológicas Regionales, en Maracaibo, 3 y 4 de Mayo de 2006. 2006 [citado 06 julio 2009]. Disponible en: [http://www.hidroven.gov.ve/ls\\_indicadores\\_gestion.php](http://www.hidroven.gov.ve/ls_indicadores_gestion.php).
- Higuerey A, Gonzalez M, Trujillo L. Situación actual de los servicios de suministro de agua en Venezuela. *Cayapa, Revista venezolana de economía social*. 2012, 12 (24): 9-36.
- Instituto Nacional de Estadística. Gobierno de la República Bolivariana de Venezuela. 2009. [citado 24 mayo 2009]. Disponible en: [http://www.ine.gob.ve/seccion/menuprincipal.asp?nedo=17&Entid=170000&seccion=1&nvalor=1\\_1](http://www.ine.gob.ve/seccion/menuprincipal.asp?nedo=17&Entid=170000&seccion=1&nvalor=1_1).
- Kim H. Economies of scale in multi-product firms: an empirical analysis. *Economica*. 1987, 54:185-206.
- Lacabana M, Cariola C, La Rosa I, Maldonado A, Villasmil M, Vielma L. Las mesas técnicas de agua en el contexto de los cambios institucionales, la democracia participativa y la participación popular en Venezuela. Informe final del Proyecto: “Mesas Técnicas de Agua, proyectos comunitarios y análisis de los procesos de participación” Contrato N° GPFFC-02-2007. (CENDES-HIDROVEN) (Versión Preliminar). Caracas. 2008 [citado 20 septiembre 2011]. Disponible en: [http://www.hidroven.gov.ve/publicaciones/912560\\_MTA%20AutoresVarios.pdf](http://www.hidroven.gov.ve/publicaciones/912560_MTA%20AutoresVarios.pdf).
- Lovell C, Richardson S, Travers P, Wood L. Resources and functionings: a new view of inequality in Australia. En Eichhorn, W. (ed.), *Models and measurement of welfare and inequality*, Springer-Verlag, Berlin, 1994.
- Ministerio del poder popular para el Ambiente. Resolución N° 00018. Providencia Administrativa Número 1, según Gaceta Oficial Número 39370, del 19 de febrero 2010.
- Romero C, Ferro G. Estudio de fronteras de eficiencia Empresas de agua y alcantarillado de América Latina Base de datos de ADERASA - Años 2003 a 2008 [citado 20 febrero 2010]. Disponible en: [http://www.aderasa.org/docs\\_bench/ADERASA\\_Estudio\\_Fronteras\\_Eficiencia\\_2009.pdf](http://www.aderasa.org/docs_bench/ADERASA_Estudio_Fronteras_Eficiencia_2009.pdf).
- Saal D, Parker D, Weyman-Jones T. Determining the contribution of technical change, efficiency change an scale change to productivity growth in the privatized English and Welsh water and sewerage industry: 1985-2000. *Journal of Productivity Analysis*. 2007, 28 (1): 31-40.

- Saal D, Parker D. Productivity and price performance in the privatized water and sewerage companies of England and Wales. *Journal of Regulatory Economics*. 2001, 20 (1): 61-90.
- Saal D, Parker D. The impact of privatization and regulation on the water and sewerage industry in England and Wales: a translog cost function model. *Managerial and Decision Economics*. 2000, 21 (6): 253-268.
- Saal D, Reid D. Estimating opex productivity growth in English and Welsh water and sewerage companies: 1993-2003. In Aston Business School. 2004, Working paper. RP0434.
- Sandia M. Ley orgánica para la prestación de los servicios de agua potable y de saneamiento. Estudio sobre el régimen jurídico de la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento (Una posibilidad cierta para disponer de servicios eficientes). Editorial Jurídica venezolana. Caracas, 2002.
- Schmint T, Boisvert R. A hedonic approach to estimating operation and maintenance costs for New York municipal water systems. *Journal of Agricultural and Resource Economics Review*. 1997, October: 184-195.
- Tupper H, Resende M. Efficiency and regulatory issues in the Brazilian water and sewage sector: an empirical study. *Utilities Policy*. 2004, 12 (1): 29-40.