



ASOCIACION ARGENTINA  
DE ECONOMIA POLITICA

ANALES | ASOCIACION ARGENTINA DE ECONOMIA POLITICA

# XLVII Reunión Anual

Noviembre de 2012

ISSN 1852-0022

ISBN 978-987-28590-0-8

ECONOMÍAS DE DENSIDAD DE PRODUCTO,  
CLIENTES Y TAMAÑO EN EL SECTOR DE AGUA  
Y SANEAMIENTO EN PERÚ

**Mercadier Augusto**

# **Economías de densidad de producto, clientes y tamaño en el sector de agua y saneamiento en Perú**

**Lic. Augusto C. Mercadier<sup>12</sup>**

**(UNLP)**

*Agosto 2012*

## **Resumen**

El objetivo del trabajo es cuantificar las economías de escala en el sector de agua y saneamiento urbano en Perú para evaluar la existencia de ahorro de costos derivados de la agrupación de prestadores. Los principales resultados muestran que en promedio existen economías de densidad de producto y de densidad de clientes pero no economías de tamaño. Las economías de tamaño se agotan para prestadores abasteciendo más de 16.000 conexiones en 4 localidades. Aumentar los estándares de calidad aumenta las economías de tamaño propiciando la consolidación de prestadores. Las simulaciones indican ahorros de costos de hasta 43% en consolidaciones.

## **Abstract**

The aim of this article is to estimate economies of scale in water and wastewater services in Peruvian urban areas in order to evaluate potential cost savings derived from the consolidation of utilities. The main results show scale of density of product and of clients but not economies of size for the median utility. Economies of size are extinguished for utilities attending more than 16.000 conexions in 4 towns. Increasing quality standards improves economies of size fostering consolidation among utilities. Simulations show that potential benefits of consolidation accounts for up to 43% of actual costs.

Clasificación JEL: L52 L95

---

<sup>1</sup> Deseo agradecer a Walter Cont, director del presente proyecto de tesis en la Maestría en Economía de la Universidad Nacional de La Plata. Federica Brenner, Gustavo Ferro y Emilio Lentini aportaron valiosos comentarios y sugerencias. Como es usual, los errores remanentes son de mi exclusiva responsabilidad.

<sup>2</sup> E-mail: [amercadier@econo.unlp.edu.ar](mailto:amercadier@econo.unlp.edu.ar)

## 1. Introducción

La estructura del sector de los servicios urbanos de agua y saneamiento ha tomado diferentes formas en cada uno de los países, siendo en unos centralizada y en otros descentralizada. Dada la baja competencia y la lentitud del progreso tecnológico del sector, su conformación ha sido más dependiente de la organización político-administrativa de los países que de los aspectos técnico-económicos de la prestación. Sobre el particular, en los países de América Latina la provisión de agua y saneamiento ha alternado etapas de provisión centralizada y descentralizada. En términos generales, hasta principios de los años '80 predominaba la prestación centralizada debido a la necesidad de desarrollar el servicio a partir de grandes planes de expansión, pero luego la falta de financiamiento de los niveles más altos de gobierno generó una tendencia a la descentralización hacia las jurisdicciones estatales, provincial o municipal, según las formas político-administrativas de cada país en la región. Actualmente, los servicios centralizados al nivel nacional son la excepción y generalmente se los encuentra en países más pequeños en extensión o población.<sup>3</sup>

En América Latina durante los últimos años se han visto esfuerzos por tratar de mejorar la gestión y sustentabilidad del servicio a través de la reducción de los costos medios de provisión de agua y saneamiento. Una forma de hacerlo es explotando las economías de escala a través de una conformación de la industria que tenga en cuenta las características de la demanda y del ambiente de operación de las empresas que la componen de manera tal de poder reducir o eliminar la duplicación de costos. Dado que un gran número de estudios dan cuenta de la existencia de economías de escala en el sector,<sup>4</sup> cabría preguntarse si en Perú existen o no tales economías; y consecuentemente, si las empresas prestadoras podrían aumentar su eficiencia o reducir sus costos cuando se le permite alcanzar su tamaño óptimo.

Sobre este punto, Bonifaz (2009) señala que en el ámbito urbano de Perú la provisión descentralizada de los servicios de agua y saneamiento tiene un diseño ineficiente provocando que las Empresas Prestadoras de Servicios Municipales (EPS) no sean sostenibles; y atribuye este fenómeno a que las EPS no tienen un tamaño que les permita lograr economías de escala: de las 50 EPS, hay una con más de 1,1 millones de conexiones de agua potable y 23 con menos de 10,000. Esta diferencia de tamaños genera a su vez diferencias importantes en las características, los recursos recaudados y la gestión de cada EPS.

El objetivo del trabajo es entonces cuantificar las economías de escala en la prestación de los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento por red en áreas urbanas de Perú. Esta cuantificación es importante para determinar el margen que tienen las empresas prestadoras para reducir los costos medios de prestación reorganizándose en empresas con un tamaño acorde a sus tecnologías y ambientes de operación. Desde el punto de vista de política económica, el trabajo podría contestar qué par de empresas podrían reducir sus costos por medio de una consolidación.

Desde el punto de vista metodológico, por un lado se sigue el trabajo de García y Thomas (2001) en la distinción de economías (i) de densidad de producto, (ii) de clientes y (iii) de

---

<sup>3</sup> Ferro y Lentini (2010)

<sup>4</sup> Ver Revollo Fernandez y Londoño (2008) para Colombia, SCL Econometrics (2009) para Chile y Ferro y Lentini (2010) el relevamiento para América Latina. Abbot y Cohen (2009) y Ferro, Lentini y Mercadier (2011) hacen un relevamiento de estudios de economías de escala en todo el mundo.

tamaño, de manera de poder discriminar variaciones en las cantidades demandadas por aumento de los consumos medios, de la cantidad de conexiones o de la extensión del área de prestación. Teniendo en cuenta que el tamaño de las EPS es bastante dispar, se espera encontrar economías de densidad de productos, clientes y tamaño dentro del rango de prestación.

A partir de un panel de 39 empresas para los años 2006 a 2010 se elaboró una función de costos de la cual se derivan los conceptos de economías mencionados. Adicionalmente, se incluyen variables de calidad de servicio y ambiente de operación de las empresas prestadoras para evaluar la interacción de la calidad y los ambientes de operación sobre los costos.

Para el tratamiento de las variables de calidad se siguen los trabajos de Mizutani y Urakami (2001), Zoric (2006), y Urakami y Parker (2011). Se espera que la adecuada incorporación de estas variables permita analizar sus efectos sobre los conceptos de economías. Este punto es de gran relevancia para la política sectorial ya que permitiría contestar la pregunta de: qué tamaño deberían tener las empresas prestadoras ante distintas exigencias de calidad por parte de la regulación. Se espera una relación positiva entre los estándares de calidad y los conceptos de economías, con lo cual aumentos en las exigencias deberían propiciar la consolidación de prestadores en empresas de mayor tamaño.

El trabajo se desarrolla de la siguiente manera, en la sección 2 se presenta la estructura industrial del sector de agua y saneamiento, y la evolución histórica en Perú. La sección 3 hace un repaso de la literatura sobre economías de escala en el sector de agua y saneamiento. La sección 4 expone las cuestiones metodológicas abordadas en el trabajo. La sección 5 presenta el modelo empírico a estimar y los datos utilizados. La sección 6 presenta las estimaciones y los resultados encontrados. Finalmente, la sección 7 concluye.

## **2. El sector de agua y saneamiento y las economías de escala**

### **a. Los procesos productivos del sector de agua y saneamiento**

En el proceso de producción de los servicios de agua y saneamiento cada EPS realiza las siguientes actividades:

Servicios de agua:

1. Captación: consiste en la captar el agua de su fuente natural. Puede ser superficial o subterránea. Cuando la captación es superficial puede comprender el almacenaje en embalses que retienen el agua que va corriente abajo. Cuando la fuente es subterránea incluye los costos de perforación. Si las fuentes de captación son lejanas del área de abastecimiento, puede ser necesaria la construcción de acueductos. Comparando las fuentes de abastecimiento, por lo general las aguas superficiales tienen menor gasto de bombeo (y consecuentemente menor consumo de energía eléctrica) pero mayores costos de purificación (consumo de químicos).
2. Producción o potabilización: consiste en la remoción de contaminantes (naturales y otros) en plantas de tratamiento y en el tratamiento del agua cruda para fines utilizables de acuerdo a los estándares (potable o no-potable). Los costos del proceso de producción están vinculados con la calidad del agua cruda, siendo más bajos en el caso del agua subterránea.

3. Distribución: consiste en la distribución de agua a través de la infraestructura. Esta etapa incluye: (i) grandes conductos desde las plantas de tratamiento (generalmente denominado transporte), (ii) la red de reticulación (mediana y pequeña), (iii) estaciones de bombeo y reservorios locales. La distribución puede hacerse por gravedad o por bombeo con costos marcadamente diferentes. El factor geográfico puede ser limitante del aprovechamiento de la gravedad, obligando a un mayor consumo de energía. Adicionalmente, los costos de distribución están vinculados con el área de prestación y la densidad de usuarios. Cuanto mayor es la densidad, los costos de distribución deberían ser menores.<sup>5</sup>
4. Comercialización: consiste en actividades comerciales vinculadas con la facturación (emisión y cobranza), la lectura de medidores y la respuesta a los reclamos o las fallas del servicio.

Desde el punto de vista de las economías de escala, se balancean dos fuerzas: un mayor tamaño de planta o mayor cantidad de pozos pueden reducir los costos unitarios de captar y producir agua, pero aumentos en la cantidad de metros cúbicos pueden estar asociados con aumentos en la extensión de la red y mayores costos de bombeo o con la necesidad de buscar fuentes de provisión más lejanas por el agotamiento de las más cercanas.<sup>6</sup>

Servicios de saneamiento:

1. Recolección y transporte: consiste en recolectar las aguas servidas y transportarlas a través de la infraestructura desde los usuarios hasta las plantas de tratamiento (en el caso que las hubiera) incluyendo: (i) las cañerías de reticulación y demás emplazamientos para transportar las aguas servidas desde su fuente hasta los grandes conductos, (ii) los grandes conductos, (iii) las estaciones de bombeo y (iv) estructuras de contención de desbordes. Esta actividad es comparable con la distribución de agua debido a su alta dependencia en las condiciones geográficas (si las aguas servidas no son conducidas por gravedad, entonces requerirán del bombeo y consecuentemente, del uso de energía eléctrica), del área de prestación y de la densidad de la población (cuando el área de prestación es muy grande o la población se encuentra muy dispersa entonces las aguas servidas deben realizar un mayor recorrido y esto implica un mayor consumo de electricidad por el bombeo).
2. Tratamiento: consiste en el tratamiento de las aguas servidas y la remoción de lodos o biosólidos. Existen distintos tipos de tratamientos: primario, secundario, terciario, dependiendo de los estándares ambientales y el cuerpo receptor en el cual son dispuestas las aguas servidas y sus elementos.
3. Disposición: consiste en la disposición de las aguas servidas a través de la emisión hacia los cuerpos acuíferos para su disposición final o reciclado del agua.

---

<sup>5</sup> Torres y Morrison-Paul (2006) señalan un posible límite a estas economías cuando la mayor densidad se debe a la existencia de edificios cada vez más altos, lo que implicaría un mayor costo de bombeo.

<sup>6</sup> Urakami y Parker (2011) también encuentran que en el caso de Japón la consolidación de empresas proveedoras de agua ha generado ahorros de costos a partir de la mejora en la capacidad de negociación.

4. Manejo de residuos: implica la remoción de los barros o biosólidos de las aguas servidas y su disposición final: incineración, tratamientos especiales, vuelco en el mar o su utilización como fertilizante en la agricultura.
5. Comercialización: consiste en actividades comerciales vinculadas con la facturación (emisión y cobranza) y la respuesta a los reclamos o las fallas del servicio.

En el caso de las economías de escala del servicio de saneamiento, sucede algo similar al servicio de agua, si no se supera la capacidad máxima de las plantas de tratamiento los costos no deberían aumentar con el volumen tratado, mientras que los costos de recolección, transporte y disposición deberían aumentar con el tamaño debido a la extensión en el área de prestación implican mayores costos de bombeo. Adicionalmente, a medida que se agota la capacidad de los cuerpos receptores la disposición final debe realizarse en cuerpos a mayor distancia.

Las actividades de comercialización de ambos servicios suele estar integradas, así como las actividades de administración, contables, financieras o de recursos humanos. Estas actividades o recursos comunes se transforman en costos comunes o compartidos.

### **b. Definiciones de economías de escala**

Un aspecto relevante es la distinción entre economías de escala y de tamaño. Las economías de escala miden la respuesta en la cantidad de producto ante aumentos proporcionales en la cantidad de insumos mientras que las economías de tamaño relacionan las variaciones en la función de mínimo costo ante variaciones proporcionales en el producto. Las primeras hacen referencia a una propiedad de la función de producción sin hacer referencia a los precios de los factores y se define en el espacio de insumo-producto<sup>7</sup> mientras que las segundas se definen en el espacio de producto-costos.<sup>8</sup> Dado que cuando se aumenta el producto puede que se reasignen las cantidades de insumos para minimizar los costos del nuevo producto, un aumento porcentual en el producto puede no necesariamente estar asociado con un aumento proporcional en la cantidad de insumos.<sup>9</sup>

Sobre la base de la definición de economías de tamaño, y teniendo en cuenta que las variaciones en la cantidad de producto se pueden deber a aumentos de la demanda de los usuarios existentes, incorporación de nuevos usuarios o la extensión del servicio hacia nuevas áreas de explotación, se deduce que el cambio en el costo unitario no es una medida suficiente para determinar el tamaño óptimo de una empresa. De acuerdo con Torres y Morrison-Paul (2006), la inclusión de número de clientes y tamaño de área servida en la función de costos permite distinguir entre economías de densidad de producto, economías de densidad de clientes y economías de escala.

Las economías de densidad de producto miden el cambio proporcional en los costos ante aumentos en la cantidad de producto, manteniendo constante la cantidad de usuarios y el

<sup>7</sup> Ver Panzar (1981) definición 2:  $S(x, y) = e(tx) = t[df/(tx)dt]/f(tx) = t[\sum x_i \cdot f_i(tx)]/f(tx)$

<sup>8</sup> Ver Panzar (1981) definición 3:  $S(y, w) = C(y, w)/[\sum y_i \cdot C_i(y, w)]$  para el caso de un producto S se reduce a  $C/y \cdot C' = AC/MC$

<sup>9</sup> Estas dos definiciones sólo se corresponden en el caso en el que la función de producción sea homotética. La función de costos es consistente con la homoteticidad de la función de producción cuando en la función de costos puede separarse el producto del vector de precios de los insumos:  $C(y, w) = h(y)c(w)$

tamaño del área servida; es una medida relevante para estudiar cambios en la cantidad producida manteniendo constante la cantidad de usuarios y el área de prestación.

$$E_{OS} = \left[ \frac{\partial \ln C(y, w_i, Z)}{\partial \ln y} \right]^{-1} \quad (1)$$

Las economías de densidad de clientes miden el cambio porcentual en los costos ante aumentos en la cantidad de usuarios dentro de un área determinada; permite evaluar cambios en los costos cuando los aumentos en la población servida requieren la instalación de nuevas conexiones, mediciones de consumo, atención a reclamos.<sup>10</sup>

$$E_{DS} = \left[ \frac{\partial \ln C(y, w_i, Z)}{\partial \ln y} + \frac{\partial \ln C(y, w_i, Z)}{\partial \ln Cnx} \right]^{-1} \quad (2)$$

Las economías de tamaño (propriadamente dichas) miden la reacción en los costos cuando el producto, el número de clientes y el tamaño del área aumentan de manera proporcional:

$$E_s = \left[ \frac{\partial \ln C(y, w_i, Z)}{\partial \ln y} + \frac{\partial \ln C(y, w_i, Z)}{\partial \ln Cnx} + \frac{\partial \ln C(y, w_i, Z)}{\partial \ln Loc} \right]^{-1} \quad (3)$$

Esta última medida es relevante para medir la variación en los costos cuando la expansión del producto está asociada con una extensión en el área de servicio, y se busca determinar la posibilidad de ahorro de costos derivado de la fusión de dos prestadores contiguos.

### c. La organización de la prestación de los servicios en Perú

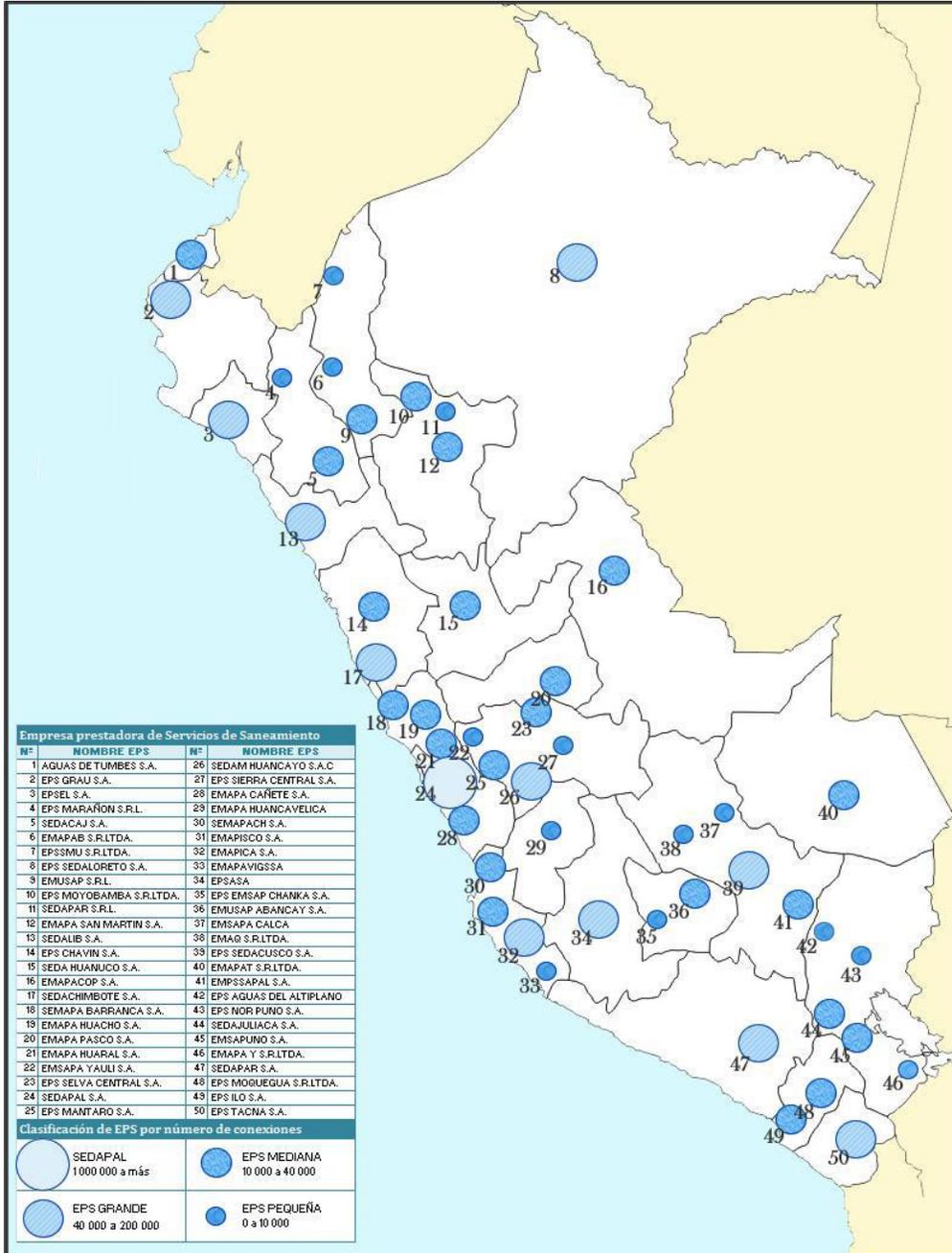
Desde el punto de vista político Perú está dividido en 24 departamentos, 196 municipalidades provinciales y 1.833 municipalidades distritales. La Constitución Nacional en sus atribuciones asigna la responsabilidad de la prestación de los servicios públicos a las municipalidades. Complementariamente, la Ley Orgánica de Municipalidades establece que es una función compartida de las municipalidades provinciales y distritales, administrar y reglamentar directamente o por concesión el servicio de agua potable, alcantarillado y desagüe.<sup>11</sup>

Del total de municipalidades distritales, 1.522 son abastecidas en forma directa por reparticiones de la misma municipalidad, juntas administradoras de servicios de saneamiento; en términos de habitantes es menos del 20% de la población urbana del país. Mientras que en los 311 distritos restantes la prestación está a cargo de las 50 Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS) que se presentan en el mapa a continuación. En conjunto las 50 EPS tiene bajo su responsabilidad un total de 17,1 millones de personas (80% de la población urbana y 61% de la población total del país) de las cuales 15 millones cuentan con suministro de agua potable y 13 millones con servicio de recolección de desagües. Por su parte, cada una de estas EPS cuenta con un ámbito geográfico mínimo, según la legislación vigente, correspondiente a la jurisdicción de al menos una provincia, incluyendo a todas las localidades ubicadas en dicho espacio geográfico y son reguladas por la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SUNASS) que es un ente regulador especializado en el sector, centralizado al nivel nacional.

<sup>10</sup> De la definición se desprende que los nuevos usuarios consumen la misma cantidad de producto que los existentes.

<sup>11</sup> Numeral 2.1 del artículo 80° de la Ley N° 27972 - Orgánica de Municipalidades.

De las 50 EPS, 48 son empresas públicas municipales, una (SEDAPAL S.A.) brinda servicios a la capital del país y se encuentra bajo la responsabilidad del Gobierno Central, y la restante es Aguas de Tumbes S.A. (ATUSA), empresa privada que brinda servicios a la ciudad de Tumbes operando bajo la modalidad concesión.



En cuanto a la ubicación geográfica se distinguen tres regiones: Costa, Sierra y Selva y en cuanto al tamaño cuatro categorías en función del número de conexiones: (i) SEDAPAL con un total de 1,1 millones de conexiones de agua potable; (ii) 11 empresas grandes de 40 mil a 200 mil conexiones; (iii) 23 empresas medianas de 10 mil a 40 mil

conexiones; y 15 empresas pequeñas de menos de 10 mil conexiones de agua potable en zonas urbanas.<sup>12</sup>

La actual distribución de prestadores ha sido consecuencia de una serie de procesos entre los que se destaca que en los '60 los municipios tenían la responsabilidad de brindar el servicio de agua potable y saneamiento, pero la mayoría fue transfiriendo esta responsabilidad al Gobierno Nacional. Luego, en los '70 el Gobierno Nacional dispuso que las entidades prestadoras en las ciudades más grandes del país, adoptasen la forma de empresas públicas mientras que en el resto de las ciudades los servicios eran proporcionados por la Dirección General de Obras Sanitarias (DGOS) del Gobierno Nacional. En 1981, se creó el Servicio Nacional de Abastecimiento de Agua y Alcantarillado (SENAPA) conformado por una Empresa Matriz con 15 empresas filiales y 10 unidades operativas distribuidas a lo largo y ancho del país. Dentro de un proceso de reforma y descentralización del Estado, en 1990 el Gobierno Nacional dispuso la transferencia de todas las empresas filiales y unidades operativas del SENAPA a las Municipalidades Provinciales y Distritales y en 1992 se creó la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) como instancia fiscalizadora de las empresas de agua potable y saneamiento.<sup>13</sup>

### 3. Revisión de la literatura

Entre los relevamientos de estudios vinculados con las economías de escala cabe mencionar: Abbott y Cohen (2009), Walter et. Al. (2009) y Ferro, Lentini y Mercadier (2011). La Tabla 13 del Anexo es una versión actualizada de los estudios relevados por este último. La mayoría de los estudios de economías de escala encuentra la existencia de estas economías.

De mi conocimiento sólo existen dos trabajos que analizan esta temática para Perú. El primero es el de Tynan y Kingdom (2005) que utiliza un corte transversal de 270 prestadores de agua y saneamiento de un conjunto de países<sup>14</sup> que incluye 41 empresas de Perú. Dicho trabajo evalúa la variación en los costos totales ante cambios en las variables que representan el tamaño de las prestadoras: (i) población servida, (ii) conexiones o clientes, (iii) volumen de agua producida y (iv) longitud de la red de distribución. Los resultados sugieren pequeños beneficios de incrementar el tamaño de las empresas prestadoras. Esto es, para las variables (iii) y (iv) encuentran rendimientos constantes a escala, mientras que para (i) y (ii) encuentran diseconomías de escala. Al separar la muestra en prestadores grandes y pequeños,<sup>15</sup> tomando como unidad de medida el volumen de agua producida, encuentran economías de escala para las pequeñas empresas y rendimientos constantes para las grandes, mientras que al utilizar las conexiones (o clientes) se obtienen diseconomías de escala para ambos tamaños.

---

<sup>12</sup> A partir del año 2011, se considera empresa pequeña a las que abastecen menos de 15.000 conexiones.

<sup>13</sup> Ferro y Lentini (2010) "Economía de escala en los servicios de agua potable y alcantarillado". *Serie Recursos Naturales e Infraestructura No 369*. CEPAL, Santiago de Chile. Diciembre de 2010.

<sup>14</sup> El estudio cubre 33 países utilizando 83 prestadores de África, 26 de Indonesia, 41 de Perú, 64 de Estados Unidos y 56 de Vietnam.

<sup>15</sup> Las pequeñas abastecen poblaciones de menos de 125.000 habitantes.

Este trabajo supone una tecnología en la que las economías de escala no varían con el tamaño de la firma, sin dar detalles.<sup>16</sup> Esto implica que la función de costos no es representada con la forma de “U” habitual y por consiguiente constituye una traba para precisar el tamaño óptimo de la empresa. En segundo lugar, las variables de tamaño se toman por separado cuando es natural esperar que aumentos en la cantidad de usuarios impliquen aumentos en la longitud de la red y resultaría necesario separar el efecto de cada factor sobre los costos. En tercer lugar, no se utilizan variables de control para aislar los efectos que puedan tener las diferencias en los ambientes en los cuales operan como ser la densidad poblacional, las fuentes de aprovisionamiento o el tipo de clientes (que son variables estándar en la literatura, por ejemplo: Mizutani y Urakami (2001), Stone y Webster (2004), Saal y Parker (2000)).

El segundo trabajo es el de Corton (2011) que estudia la estructura de la prestación de agua de Perú investigando las economías de escala y la ineficiencia en costos de 43 proveedores de agua durante el período 1996 a 2005. Este trabajo considera que las EPS proveen dos productos: agua y pérdidas de red. El trabajo supone que las empresas permiten que se produzcan pérdidas a través de conexiones clandestinas como una manera de satisfacer la demanda de agua de los segmentos más pobres de la población. Cabe destacar que durante la elaboración de este documento se publicó el citado trabajo, cuyo objetivo es similar al del presente, pero con diferencias importantes que se identifican a continuación. Desde la óptica del presente trabajo (i) las definiciones de escala desarrolladas permiten distinguir ahorro de costos que surgen por aumento de la demanda de agua, respecto de la densidad de clientes o de la extensión del área de prestación; (ii) la tecnología utilizada incorpora variables de calidad, con lo cual la variación en los costos como consecuencia de la calidad pueden ser distinguida de un uso ineficiente de los recursos, Desde la óptica del trabajo de Corton (iii) se asume que el total de pérdidas de red son un producto voluntario que los directorios de las EPS generan para obtener votos de los usuarios beneficiados. Respecto de este último punto, al suponer que todas las pérdidas de red corresponden a conexiones clandestinas implícitamente también se asume que no existe otro motivo de pérdidas como: la obsolescencia, la falta de mantenimiento o la falta de micromedición. Esto resulta extraño ya que las estadísticas muestran que a nivel nacional lo normal en el sector son altos niveles de pérdidas y grandes esfuerzos para reducir tales pérdidas<sup>17</sup>; (iv) el trabajo de Corton trata cuestiones de eficiencia que este trabajo no aborda.

#### **4. Cuestiones metodológicas**

##### **a. El problema de minimización de costos**

Las empresas de agua y saneamiento producen un vector de productos  $y = (y_a, y_s)' \geq 0$ , donde  $y_a$  es la cantidad de agua facturada a los usuarios finales e  $y_s$  es la cantidad de metros cúbicos de aguas servidas recolectadas.

En función de la estructura industrial correspondería considerar los servicios de agua y saneamiento por separado y eventualmente evaluar la existencia de economías de alcance entre los dos servicios. El relevamiento de Abbott y Cohen (2009) encuentra evidencia en favor de las economías de alcance y que este fenómeno es más importante en los pequeños prestadores. Walter et. Al. (2009) concluyen que existe evidencia de

---

<sup>16</sup> Una tecnología del estilo Cobb-Douglas podría acomodarse a su descripción, pero no puede rechazarse otra de tipo CES.

<sup>17</sup> ver SUNASS - Informe Técnico del Ranking de las Empresas Prestadoras a nivel nacional.

interacción en los costos de ambos servicios. En las primeras versiones de este trabajo se intentó realizar esta separación pero se detectaron problemas de multicolinealidad al igual que en el trabajo de Corton (2011). La exclusión de variables como la cantidad de habitantes, conexiones con saneamiento o litros de agua recogida no permite detectar la posible existencia de economías de alcance, pero permite incluir un mayor número de variables que aproximen mejor el ambiente y la calidad de los servicios provistos. Por otro lado, atento a que las EPS proveen tanto servicios de agua como de saneamiento la pregunta de cuánto cambiarían los costos de proveer un solo servicio no podría ser respondida y en el caso particular de Perú no resultaría relevante desde el punto de vista regulatorio.

**Tabla 1. Correlación de productos de agua y saneamiento**

		Agua Potable		
		Población	Nro. Conexiones	Vol. Facturado
Saneamiento	Población	1,000	0,996	0,999
	Nro. Conexiones	0,998	0,999	0,996
	Vol. Recolectado	0,997	0,993	0,999
	Vol. Tratado	0,879	0,889	0,864

Fuente: Elaboración propia

Dada la alta correlación entre estos servicios sólo se considera como producto la cantidad de agua facturada.<sup>18</sup>

En cuanto al proceso de producción se utiliza: trabajo ( $l$ ), servicios de terceros ( $t$ ), otros gastos ( $o$ ) y capital ( $k$ ) y se asume que la tecnología se adapta lentamente al progreso tecnológico o las innovaciones y que para una red determinada, la tecnología es la misma para todas las unidades de producción.<sup>19</sup>

Según Feigenbaum y Teeple (1983) y Fabbri y Fraquelli (2000) una de las características distintivas de la industria del agua es que las empresas utilizan insumos para transformar la ubicación y la calidad del agua y ponerla a disposición de los usuarios. De aquí se desprende que las condiciones ambientales que enfrentan las firmas y la calidad del servicio afectan los costos.<sup>20</sup>

Se supone que las empresas enfrentan la misma regulación, y que el impacto de la misma en los costos es uniforme para todas EPS, pudiendo ser desechada como variable en el análisis que sigue.

El proceso productivo queda definido entonces como  $f(y, x; Z) = 0$ , donde  $x = (x_l, x_t, x_o, x_k)'$  es el vector de insumos y  $Z$  es el vector de variables ambientales. La teoría de la producción establece que la tecnología puede ser recuperada a partir de la

<sup>18</sup> Se podría pensar en el tratamiento de las aguas servidas como un producto adicional; sin embargo en el caso de Perú más de la mitad de las EPS no tratan las aguas servidas. En este trabajo, el tratamiento es considerado una variable de calidad cuya inclusión en el análisis responde a la necesidad de tomar en cuenta variaciones en los costos de prestación debido a variaciones en los niveles y tipos de tratamientos de las aguas recolectadas.

<sup>19</sup> A partir de Lentini, Ferro y Mercadier (2011) la separación más habitual de los costos es: trabajo ( $l$ ), electricidad ( $e$ ), materiales ( $m$ ) y capital ( $k$ ). Lamentablemente no está disponible esta desagregación.

<sup>20</sup> A lo largo del documento se hará referencia a variables hedónicas como ambientales, técnicas o de control indistintamente.

especificación de una función de costos que sea dual de la función de producción.<sup>21</sup> Dado el vector de precios de insumos  $w \equiv (w_l, w_t, w_o, w_k)' \gg 0$ , las firmas eligen la cantidad de aquellos de manera de minimizar los costos de largo plazo. Esto a su vez implica que las EPS son tomadoras de precio en el mercado de insumos.

$$\min_{x \geq 0} \sum_{i=l,t,o,k} w_i x_i \quad \text{dado que} \quad f(y, x; Z) = 0, \quad (4)$$

La solución del programa anterior establece una función de costos de largo plazo  $C(y, w; Z) = \sum_i w_i x_i(y, w; Z)$ .

Esta función de costos tiene que verificar las siguientes propiedades (i) no negativa, (ii) no decreciente en  $y \geq 0$  y en  $w \gg 0$ , (iii) homogénea de grado 1 en precios y (iv) cóncava y continua con respecto a  $w$ .

El supuesto de la formulación anterior establece que la firma elige el nivel de todos los factores productivos y puede ajustarlos instantáneamente. Este supuesto no siempre es aplicable al stock de capital en el caso de los servicios de agua y saneamiento, ya que, en su mayoría constituyen inversiones no-reversibles. Por este motivo, a lo largo de la literatura la representación de la función de costos para la estimación de las economías de escala se ha dividido en dos grandes vertientes, la primera considera al stock de capital como una variable fija (o cuasi fija) en el corto plazo y la segunda plantea una forma más flexible, donde el capital es otra variable más de elección. Este trabajo opta por la segunda alternativa.<sup>22</sup>

## b. El modelo empírico – definición de la función de costos

Teniendo en cuenta que las EPS deben proveer a todos los usuarios dentro del ámbito de su prestación la cantidad de agua que sea requerida, que estas cantidades demandadas suelen ser estables y que las tarifas son establecidas por la SUNASS, el problema de las EPS se plantea como uno de minimización de costos sujeto a un nivel de producto. La tecnología de producción se puede replicar a partir de la función de costos si los precios de los factores están dados. Si bien las EPS son monopolios dentro de un ámbito de prestación, son pequeñas en el mercado de trabajo, de servicios de terceros, o de capital; la categoría “otros” es una categoría residual que agrupa varios conceptos.

Dado que la verdadera relación tecnológica entre los insumos y el producto no se conoce, se la debe suponer. En los casos prácticos las elecciones se fundan en criterios implícitos o explícitos donde se ponderan diferentes aspectos de las funciones. Zoric (2006) enumera una serie de ellos para ser tenidos en cuenta a la hora de elegir una determinada forma funcional. En primer lugar, debe ser consistente con la teoría económica: no negativa, no decreciente en  $y \geq 0$  y en  $w \gg 0$ , homogénea de grado 1, y cóncava y continua con respecto a  $w$ . Asimismo, debería asumir la menor cantidad de supuestos, ser fácil de estimar y consistente con hechos empíricos.

Ferro, Lentini y Mercadier (2011) reseñan las formas más utilizadas en el sector y muestran que la mayoría de las investigaciones han utilizado la especificación

<sup>21</sup> Ver Panzar (1989)

<sup>22</sup> Panzar (1989) destaca la paradoja de que para determinar las economías de escala de largo plazo utilizando una función de costos variables es necesario conocer  $w_{K_u^*}$ , y la ventaja de no utilizar una función de costos totales es precisamente evitar la imputación de un precio a un activo difícil de medir.

translogarítmica, introducida por Christensen, Jorgenson y Lau (1973). Es una representación flexible que no impone restricciones *a priori* sobre la elasticidad de sustitución de los factores y permite que las economías de escala varíen con el nivel de producción capturando la forma de “U” de los costos medios y admite como casos particulares como la Cobb-Douglas.

Las desventajas de esta función son que, por ser una aproximación local, sus resultados son solo confiables alrededor del punto de aproximación y no está definida para valores iguales a cero.<sup>23</sup> Para abordar el segundo problema, se han propuesto dos soluciones: (i) reemplazar los ceros por valores arbitrariamente pequeños o (ii) proponer una función alternativa.

Con relación a la función cuadrática o cúbica, no cumplen algunos requisitos teóricos, como ser linealmente homogénea en el precio de los factores y no se puede imponer la homogeneidad a través de restricciones en los parámetros sin sacrificar la flexibilidad de la función; y respecto de la función compuesta, la desventaja es que requiere de la estimación de un parámetro más ( $\pi$ ) y es no lineal en los parámetros, con lo cual los mismos deben ser estimados por métodos no lineales.

Teniendo en cuenta esto, se propone estimar una función translog y evaluar como caso particular la especificación Cobb-Douglas. Respecto de los requerimientos teóricos, la no negatividad de la función de costos y la homogeneidad de grado uno se impone, mientras que el hecho de que la función de costos sea creciente en el producto y en el precio de los factores debe verificarse *ex post*. En el caso de la concavidad de la función en el precio de los factores, se puede imponer *ex ante* o verificar *ex post*.

Un punto importante en la modelación de los costos en el sector de agua y saneamiento es la incorporación de variables que tengan en cuenta la heterogeneidad del servicio provisto por cada una de las firmas. La literatura ha incorporado variables de calidad o atributos en la función de costos se han realizado de dos maneras alternativas: (i) enfoque hedónico y (ii) especificación general.<sup>24</sup>

El enfoque hedónico especifica la siguiente función de costos:

$$C = C(\phi_1(y_1, z_1), \dots, \phi_N(y_N, z_N), w) \quad (5)$$

Donde  $y_n$  es el  $n$ -ésimo producto ( $n=1, \dots, N$ ),  $q_n$  es el vector de atributos de dimensión  $1 \times L_n$  para el producto  $l_n = 1, \dots, L_n$  para el producto  $n$ . La especificación hedónica del producto trata de ajustar el producto observado ante variaciones en los atributos de calidad. Esta agregación requiere la separación de los argumentos de cada  $\phi_n$  respecto del resto de los argumentos de la función de costos; esto es, el ratio de los efectos marginales de  $y_n$  y  $z_{ln}$  en los costos se supone que es independiente del resto de los argumentos de la función de costos que no están incluidos en  $\phi_n$ .

$$\ln C = \ln \alpha + \sum_{n=1}^N \beta_n \ln \phi_n(y_n, z_n) + \sum_{m=1}^M \gamma_m \ln w_m + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \beta_{ij} \ln \phi_i(y_i, z_i) \ln \phi_j(y_j, z_j) + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M \gamma_{ij} \ln w_i \ln w_j + \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M \delta_{nm} \ln \phi_n(y_n, z_n) \ln w_m \quad (6)$$

<sup>23</sup> Este punto es claramente relevante en industrias multi-productos y limita las posibilidades de estimar economías de alcance. Más allá de esto, también se puede considerar a los servicios de agua y saneamiento como una suma de procesos y analizarlos de manera separada, calculando las economías de escala en cada etapa (por ejemplo en agua: captación, potabilización, transporte, distribución y comercial).

<sup>24</sup> Zoric (2006)

El enfoque hedónico del producto comienza con Spady y Friedlaender (1978) en el que se define una variable de calidad de producto junto con la variable física del mismo. Siguiendo esta definición Feigenbaum y Teeple (1983) incluyen no sólo variables de calidad sino también de control en la especificación hedónica del producto. Por su parte, Bhattacharyya et al (1995), Mizutani y Urakami (2001), Urakami y Parker (2011) incluyen las variables de calidad dentro de la definición del producto y agregan las variables de control a la función de costos. El producto ajustado por la calidad queda definido entonces como:

$$\ln \phi = \ln y + \sum_i \lambda_i \ln z_i \quad (7)$$

El segundo enfoque consiste en incluir las variables de calidad directamente en la función de costos  $C = C(y_1, \dots, y_N; q_1, \dots, q_N; w)$  sin imponer ningún tipo de restricciones.

De los enfoques anteriores se observa un trade-off entre una mejor especificación aumentando la cantidad de atributos (enfoque hedónico) y mejorar la especificación a través de la menor imposición de restricciones arbitrarias sobre la función de costos.

Cabe destacar que la representación hedónica es un caso particular de la especificación general para la cual se satisfacen una serie de restricciones no lineales.

La función que se propone estimar es la siguiente representación general:

$$\begin{aligned} \ln C = \ln \alpha + \beta_y \ln y + \sum_{m=1}^M \gamma_m \ln w_m + \frac{1}{2} \beta_{yy} (\ln y)^2 + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M \gamma_{ij} \ln w_i \ln w_j + \\ \sum_{m=1}^M \gamma_{ym} \ln y \ln w_m + \sum_{l=1}^L f_l \ln z_l + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^L f_{ij} \ln z_i \ln z_j + \sum_{l=1}^L f_{yl} \ln y \ln z_l + \\ \sum_{i=1}^M \sum_{l=1}^L h_{ml} \ln w_m \ln z_l \quad (8) \end{aligned}$$

La consistencia con la teoría de la producción requiere que si las EPS operan eficientemente se cumplan las siguientes condiciones: (i) la función de costos debe satisfacer la homogeneidad de grado uno en el precio de los factores, (ii) el Hessiano tiene que ser simétrico con relación a los precios de los factores, y (iii)  $\gamma_m, \gamma_{ij}, \gamma_{ym}, h_{ml}$  deben ser iguales en todas las ecuaciones.

La homogeneidad se satisface si se cumple lo siguiente:

$$\sum_m \gamma_m = 1, \sum_i \gamma_{im} = 0, \sum_m \gamma_{ym} = 0 \text{ y } \sum_m h_{ml} = 0$$

Sin embargo, en lugar de imponer estas restricciones se puede reducir el número de parámetros a estimar y simultáneamente imponer homogeneidad de grado uno en el precio de los factores normalizando los costos variables y el precio de los factores por el precio de un factor determinado, en este caso el precio de los servicios de terceros. Definiendo  $p_r = w_r/w_t$ ,  $p_k = w_k/w_t$  y  $p_o = w_o/w_t$ , la función de costos se puede escribir como:

$$\begin{aligned} \ln(C/w_t) = \ln \alpha + \beta_y \ln y + \sum_{m=1}^M \gamma_m \ln p_m + \frac{1}{2} \beta_{yy} (\ln y)^2 + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M \gamma_{ij} \ln p_i \ln p_j + \\ \sum_{m=1}^M \gamma_{ym} \ln y \ln p_m + \sum_{l=1}^L f_l \ln z_l + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^L f_{ij} \ln z_i \ln z_j + \sum_{l=1}^L f_{yl} \ln y \ln z_l + \\ \sum_{i=1}^M \sum_{l=1}^L h_{ml} \ln p_m \ln z_l \quad (9) \end{aligned}$$

Los parámetros a estimar serían los siguientes:  $\alpha, \beta_y, \gamma_m, \beta_{yy}, \gamma_{ij}, \gamma_{ym}, f_l, f_{ij}$  y  $h_{ml}$ . Si la función de costos es dos veces diferenciables la matriz Hessiana debe satisfacer la siguiente restricción de simetría:  $\gamma_{ij} = \gamma_{ji}$  y  $f_{ij} = f_{ji}$ . La propiedad de concavidad también es necesaria para que la ecuación de arriba sea una función de costos genuina. Diewert y Wales (1987) muestran que una condición necesaria y suficiente para que la función de costos dos veces continuamente diferenciable sea cóncava en el precio de los factores es que la matriz de coeficientes  $\{\gamma_{ij}\}$  sea semidefinida negativa, y que las participaciones de los factores en los costos sean no negativas. Aquí se abre una disyuntiva, (i) imponer que

la función de costos sea cóncava a través de una serie de restricciones, o (ii) no imponer ninguna restricción y chequear *ex post* la cantidad de casos en la que se satisface la misma para tener una medida de la gravedad de la violación de este supuesto. Se descarta la primera alternativa porque, se estaría quitando la flexibilidad deseada y obligando a la estimación a través de métodos no lineales.<sup>25</sup>

Sea  $S_i$  la participación del insumo  $i$  en los costos variables, el lema de Shephard establece la siguiente relación:

$$x_m = \partial CV / \partial w_m \rightarrow w_m x_m / CV = \partial CV / \partial w_m \cdot w_m / CV \rightarrow S_m = \partial \ln CV / \partial \ln w_m$$

Reemplazando:

$$S_m = \gamma_m + \sum_{i=1}^M \gamma_{mi} \ln p_i + \gamma_{yi} \ln y + \sum_{l=1}^L h_{ml} \ln z_l \quad \text{con } m = l, o, k. \quad (10)$$

*Ex post* se chequea que las participaciones son positivas confirmando que la función de costos es no decreciente en el precio de los factores.

Las elasticidades de precio se obtienen de la siguiente manera:  $\varepsilon_{ii} = [\gamma_{ii} + S_i(S_i - 1)]/S_i$  y  $\varepsilon_{ij} = [\gamma_{ij} + S_i S_j]/S_i$ , para  $i \neq j$ . Mientras que las elasticidades de sustitución de Morishima se definen como  $M_{ij} = \varepsilon_{ij} - \varepsilon_{jj}$ .<sup>26</sup>

## 5. Procedimiento de estimación y datos utilizados

### a. Procedimiento de estimación

Se propone la estimación del siguiente sistema de ecuaciones compuesto por la ecuación de costos variables y  $n-1$  ecuaciones de participación.

$$\ln(C_{it}) = \ln C(y_{it}, w_{it}, Z_{it}) + u_{C,it} \quad \text{con } i= 1, \dots, 39 \text{ y } t=2006, \dots, 2010 \quad (11)$$

$$S_{j,it} = S_j(y_{it}, w_{it}, Z_{it}) + u_{S_j,it} \quad \text{con } j = l, t \text{ e } i= 1, \dots, 39 \text{ y } t=2006, \dots, 2010. \quad (12)$$

Donde ( $i= 1, \dots, l$ ),  $l$  es el número de empresas de EPS, ( $t= 1, \dots, T$ ),  $T$  es el número de períodos,  $u_{C,it}$  es el residuo asociado a la ecuación de los costos totales (C) y  $u_{S_j,it}$  el de las ecuaciones de participación. Se procede a la estimación de sistema de ecuaciones a través del método de Seemingly Unrelated Regression (SUR) propuesto por Zellner (1962) para el cual el término de error está correlacionado entre las ecuaciones de cada una de las EPS.<sup>27</sup>

<sup>25</sup> Esta discusión se encuentra tratada en la Sección 8.7 de Coelli et al. (2005).

<sup>26</sup> Blackorby and Russell (1989) muestran que para el caso de más de dos inputs las elasticidades de sustitución de Morishima miden la curvatura de las isocuantas, y son un estadístico suficiente para evaluar los cambios en las cantidades relativas ante cambios en los precios relativos, preservando la asimetría entre los factores. Es una derivada log de los ratios de cantidades respecto de los ratios de precios de factores.

<sup>27</sup> La forma utilizada itera sobre la matriz de varianzas y covarianzas de los errores estimados y los parámetros estimados, hasta que éstos convergen. Si el sistema estimado converge, entonces los estimadores propuestos por Zellner son asintóticamente equivalentes a los estimadores máximo-verosímiles y no cambian ante cambios en la ecuación que se elija descartar para evitar la singularidad de la matriz.

Teniendo en cuenta que la función translog requiere un punto alrededor del cual expandirse, las variables de la parte derecha de la igualdad del sistema de ecuaciones han sido normalizadas alrededor de la mediana muestral, este punto constituye la referencia de la aproximación local. Como consecuencia de esto, los efectos directos de las variables pueden interpretarse como elasticidades prescindiendo de las derivadas segundas.<sup>28</sup>

## b. Descripción de la base de datos utilizados

Los datos utilizados surgen de los “Informes Técnicos de Indicadores de Gestión de las Empresas Prestadoras de Servicio de Saneamiento” que produce anualmente la Gerencia de Supervisión y Fiscalización de la SUNASS, con excepción de los porcentajes de utilización que surgen de los Planes Maestros de Optimización y los Estudios Tarifarios, también de la SUNASS.

La muestra es un panel de 50 empresas a lo largo de 5 años: 2006 a 2010 que se reduce a 195 observaciones (39 empresas) cuando se excluyen las observaciones donde hay inconsistencias o faltantes.<sup>29</sup>

La Tabla 2 presenta una estadística descriptiva resumen de las variables elegidas.

**Tabla 2. Estadística descriptiva.**

Variable	Unidad	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
c_totales	millones de soles	195	44,30	179,00	0,99	1.440,00
Vfta	millones de m3 al año	195	18,40	64,60	0,96	421,00
w <sub>l</sub>	Soles/empl/mes	195	2.355,48	962,41	693,35	7.279,15
w <sub>st</sub>	Soles/vfta	195	0,33	0,26	0,04	2,42
w <sub>ot</sub>	Soles/vfta	195	0,35	0,20	0,00	1,33
w <sub>k</sub>	%	195	0,09	0,05	0,00	0,20
Ncta	miles de conexiones	195	71,43	195,14	4,34	1.317,66
Localidad	Unidad	195	5,74	8,97	1,00	45,00
Anocont	%	195	0,46	0,14	0,07	0,75
Utilización	%	195	0,75	0,18	0,34	1,27
Micro	%	195	0,39	0,28	-	0,93
d_super		195	0,38	0,49	-	1,00
d_sub		195	0,13	0,34	-	1,00
d_trat		195	0,53	0,50	-	1,00
d_trat_60		195	0,27	0,45	-	1,00

<sup>28</sup> Se optó por la mediana en lugar de la media porque este estadístico no está afectado por valores extremos, y SEDAPAL – empresa prestadora del área metropolitana de Lima - constituye una empresa de dimensiones excepcionales capaces de sesgar la representatividad de esta última.

<sup>29</sup> El año de inicio es 2006 debido a que el 1ro de marzo de ese año, el Consejo Directivo mediante Resolución Nro 010-2006-SUNASS-CD aprobó el Sistema de Indicadores de Gestión de las Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento, compuesto de: (i) un conjunto de Indicadores de Gestión y (ii) una metodología para el cálculo de dichos indicadores. Esta resolución permitió homogenizar el cálculo de una gran cantidad de variables que se utilizan con fines comparativos.

selva		195	0,23	0,42	-	1,00
sierra		195	0,36	0,48	-	1,00
sh_t_g_st	%	195	0,17	0,09	0,02	0,72
sh_t_g_l	%	195	0,33	0,10	0,08	0,59
sh_t_g_ot	%	195	0,20	0,08	0,00	0,64
sh_t_g_k	%	195	0,30	0,15	0,00	0,69

Los costos totales ( $C_{totales}$ ) se obtuvieron a partir de la suma de los costos variables (que incluyen la depreciación del ejercicio) y los costos financieros, entendidos como el costo de oportunidad de los activos empleados en los servicios. Los primeros surgen de la definición del indicador 5.5 costos variables que se obtuvieron a partir de los costos operativos, netos de depreciación. Estos gastos incluyen el costo de ventas (costos de operación del servicio), los gastos administrativos y los gastos de ventas (incluyendo las provisiones).<sup>30,31</sup>

El producto elegido es el volumen facturado total de agua ( $vfta$ ) (IG – 2.4)<sup>32</sup> y los factores productivos que se consideran en la función de producción son cuatro: trabajo ( $l$ ), servicios de terceros ( $s$ ), capital ( $k$ ) y “materiales y otros” ( $o$ ). El precio del trabajo ( $w_l$ ) es el salario mensual calculado como el ratio entre el gasto incurrido en el personal (IG – 5.9) y la cantidad de trabajadores reportada por la SUNASS en el indicador de cantidad de trabajadores por cada mil conexiones. El precio de los servicios de terceros ( $w_{st}$ ) (IG – 5.10.) abarca conceptos como subcontrataciones, desde limpieza y seguridad, hasta reparaciones por empresas que tienen sus propias cuadrillas.

El precio del capital ( $w_k$ ) se construyó a partir de la suma de dos conceptos: (i) la tasa de depreciación, tomada del ratio de depreciación de activo fijo (IG – 4.2.), y la diferencia entre el total de activo promedio (IG – 4.8.) y los activos corrientes (IG – 4.4.) y (ii) el costo de oportunidad del capital, determinado siguiendo la metodología del WACC nominal en soles establecido en el capítulo 9 “tasa de descuento” de los informes tarifarios que produce la SUNASS y reemplazando los valores de tasa de devaluación e inflación esperados por los observados.<sup>33</sup>

El precio de “materiales y otros” ( $w_{ot}$ ) se obtiene como el cociente entre la diferencia del costo total y el gasto en el resto de los insumos, y la cantidad de metros cúbicos de agua facturados. Esta categoría residual agrega gastos heterogéneos, la literatura ha optado por utilizar como cociente de este gasto la cantidad de kilómetros de red<sup>34</sup> o los metros

<sup>30</sup> Estos datos se obtienen de los estados financieros de las empresas prestadoras y su metodología de cálculo se obtiene directamente de los informes de gestión elaborados por el área contable de cada EPS.

<sup>31</sup> Las EPS trabajadas en la muestra cuentan con ambos servicios y no distinguen entre gastos de provisión de agua y saneamiento.

<sup>32</sup> De aquí en adelante IG refiere al conjunto de Indicadores de Gestión (IG) detallados en el Anexo 1 de la Resolución Nro 010-2006-SUNASS-CD.

<sup>33</sup> Los valores de inflación se tomaron del Índice de Precios al por Mayor del Cuadro NC\_049, las tasas de devaluación del Cuadro NC\_040, y el riesgo país y la tasa libre de riesgo del Cuadro NC\_037.

<sup>34</sup> Bottasso et al. (2011 y 2009) Fabbri y Fraquelli (2000), Filipini et al. (2007) o Fraquelli y Moiso (2005).

cúbicos despachados.<sup>35</sup> Dos hechos motivan la elección de los metros cúbicos de agua facturada: el primero es que la longitud de red se utiliza como proxy de la cantidad de capital; y, en segundo lugar, dada la estructura de costos de las empresas de agua es altamente probable que en este rubro se agrupen los gastos de energía y compra de insumos químicos, y estos gastos están más relacionados con los metros cúbicos facturados que con los kilómetros de red.

A fin de poder estimar las economías de densidad de clientes y las economías de tamaño se incorporaron a la regresión el número de conexiones totales de agua (*NCTA*) (IG – 5.2.) y la cantidad de localidades (*localidad*) abastecidas según surge de los informes tarifarios.<sup>36</sup>

Por último, se incorporaron dentro del grupo de variables de control unas que capturan diferencias en costos producto de la mejor calidad del servicio y otras que describen el entorno de operación de las empresas.

Dentro de la base de datos existen variables que toman valor cero como micromedición, volumen de agua subterránea y el volumen de agua servida que recibe tratamiento. Dado que la función translog no está definida para estos valores, la pregunta que aparece entonces es si valores iguales a cero pueden aproximarse a través de valores cercanos a cero o si en cambio deberían ser considerados como decisiones discretas y distintas.<sup>37</sup> En el primer caso, para evitar errores en la estimación de la función de costos translog se pueden hacer dos modificaciones: generalizarla aplicando alguna transformación tipo Box-Cox o reemplazar los valores ceros por otros cercanos. En el caso de *micromedición* y *volumen de agua subterránea*, siguiendo a Urakami y Parker (2009), se reemplazaron los ceros por valores pequeños  $10^{-6}$ . Mientras que en los casos de volumen de agua subterránea y tratamiento, se optó por la utilización de dos variables dummies; *d\_sup* y *d\_sub* capturan a las empresas que sólo se abastecen de agua de fuente superficial y subterránea, respectivamente (IG – 5.7.). La alternativa en ambos casos es la posibilidad de contar con ambas fuentes y sustituir una por otra; se espera que contar con ambas fuentes permita reducir los costos. En el caso del tratamiento de agua servida, si bien las empresas de agua y saneamiento proveen dos servicios y por tanto deberían ser consideradas empresas multiproducto, ambos productos están altamente correlacionados y no se permite la distinción de uno u otro. Una forma de aproximar el servicio de saneamiento podría haber sido a partir del porcentaje de tratamiento de aguas servidas; pero en el 47% de los casos no existe tratamiento. Por este motivo, no tener tratamiento no puede ser aproximado a través de valores cercanos, ya que el tratamiento implica la construcción de plantas. Por otro lado, existe la posibilidad de que altos niveles de tratamiento terminen afectando los costos del servicio. En consecuencia, se han incluido dos variables dummies que capturan la existencia o no de tratamiento (*d\_trat*) y si ese tratamiento está por encima del 60% (*d\_trat\_60*).

El agua no facturada (*anocont*) (IG – 5.1.) es la diferencia porcentual entre el agua producida y el agua facturada, permite identificar a las EPS que por pérdidas operacionales y/o comerciales tienen mayores costos operativos. Las pérdidas operacionales se deben a fugas en la redes de agua potable producto de la antigüedad y

---

<sup>35</sup> Kim y Lee (1998), Garcia y Thomas (2001), o Garcia et al (2007).

<sup>36</sup> La densidad se podría medir usando el área en kilómetros cuadrados, el largo de la red o el número de jurisdicciones cubiertas como denominador y la cantidad de habitantes servidos o las conexiones como numerador.

<sup>37</sup> Greene 2007, pp.296-297.

falta de mantenimiento, mientras que las pérdidas comerciales se deben al claudestinjaje, la ausencia de micromedición o al subregistro de la micromedición.<sup>38</sup>

La tasa de utilización se obtuvo del cociente entre la cantidad de agua producida y la capacidad de producción (suma de capacidad de tratamiento de las plantas o de la capacidad extractiva de los pozos de agua subterránea) y surge de los diagnósticos operacionales de los estudios tarifarios de cada EPS. Para el caso de Perú esta variable es altamente relevante debido a que existen empresas que están produciendo por encima de su capacidad instalada poniendo en una situación delicada la calidad y sostenibilidad del servicio. Esta variable permite medir en el largo plazo, cuando las empresas ajustaron el capital al tamaño óptimo, las necesidades de contar con capacidad excedente para atender a fluctuaciones en la demanda efectiva. Esta variable también es incluida en funciones de costos totales como Mizutani y Urakami (2001) y Urakami y Parker (2009).

El porcentaje de micromedición (IG – 5.2.) identifica a las EPS que tienen mayores costos debido a los esfuerzos en la determinación justa del consumo realizado por los usuarios. A su vez, para que la micromedición sea efectiva requiere que la provisión de agua sea continua y con buena presión, con lo cual esta variable también es una buena medida de la calidad del servicio.

Finalmente, dado que Perú se divide en tres regiones geográficas naturales: Costa, Sierra y Selva, se han incorporado al modelo dos dummies que tienen como propósito captar las diferencias geográficas en las que operan los servicios.<sup>39</sup> En la Costa, el clima es desértico a excepción de la parte norte (Tumbes) que es tropical y cada cierto tiempo afectada por el Fenómeno del Niño. Los ríos son de régimen temporal e irregular, con corto período de disponibilidad de agua (diciembre a abril) y prolongado período de estiaje (mayo a noviembre). En la Selva, el clima es tropical y lluvioso.<sup>40</sup> En la Sierra, el clima varía de templado a frío, y cuenta con una gran reserva de agua dulce en lagunas y nevados que son la fuente primaria de las vertientes del País.<sup>41</sup>

## 6. Resultados

### a. Estimaciones

Se estima el sistema de ecuaciones (11) y (12) donde (11) toma la forma de (9) con las siguientes hipótesis respecto de su forma funcional:

1) Cobb Douglas:  $\beta_{yy} = \gamma_{ij} = \gamma_{ym} = f_{ij} = h_{ml} = 0 \quad \forall i, j = l, o, k, \quad \forall m = 1, \dots, M \quad \text{y} \quad \forall l = 1, \dots, L$

---

<sup>38</sup> Ver SUNASS (2007) – Informe de Benchmarking.

<sup>39</sup> Ver Sección 2.c – La organización de la prestación de los servicios en Perú.

<sup>40</sup> Bonifaz (2009)

<sup>41</sup> Las vertientes del país son tres y están conformadas por la cuenca del Pacífico, la cuenca del Río Amazonas y la cuenca del Lago Titicaca. El recurso hídrico es abundante en la vertiente Atlántica y escasa en las vertientes del Pacífico y del Titicaca. En la Vertiente del Atlántico la disponibilidad es de 3.769 Hm<sup>3</sup> y corresponde casi al 99 % del total del país, mientras que en la Vertiente del Pacífico la disponibilidad de agua se estima en 36,66 Hm<sup>3</sup> y en la Vertiente del Titicaca 6,97 Hm<sup>3</sup>, representando menos del 1,0% y del 0,02% del total del país.

2) Hedónico:  $\lambda_i = f_i/\beta_y = f_{yi}/\beta_{yy} = f_{ji}/f_{yj} = h_{mi}/\gamma_{ym} \quad \forall i, j = \text{perd, uti, micro} \quad \text{y} \quad \forall m = l, o, k$

3) Homotética:  $\gamma_{yl} = \gamma_{yo} = \gamma_{yk} = 0$

4) Translog generalizada: (modelos de base)

La Tabla 3 presenta los efectos directos de las variables para las distintas estimaciones. La Tabla 14 del Anexo presenta las estimaciones de manera completa.

Se practicaron test de verosimilitud para determinar si los cuatro modelos utilizados son diferentes. Tomando como referencia el modelo menos restrictivo (modelo 4), la hipótesis nula de que la verdadera forma funcional es tipo Cobb-Douglas se rechaza con un valor de 1965,91 con 45 grados de libertad. La hipótesis de que el producto puede descomponerse en forma hedónica y las variables de calidad separarse del resto de los argumentos de la función de costos se rechaza con un valor de 82,44 y 27 grados de libertad. Finalmente, la hipótesis de que las cantidades óptimas son independientes del nivel de producto se rechaza con nivel de confianza del 95%, para un valor de 8,05 y 3 grados de libertad.

Los rechazos de las hipótesis planteadas indican que la representación de la tecnología subyacente es la translogarítmica (modelo 4); por tanto, no se puede hablar de economías de escala sino de tamaño.

En la Tabla 3, para el modelo 4 la bondad de ajuste es 0,98 y los coeficientes del producto y los precios de los factores son todos positivos asegurando la monotonicidad. La concavidad se satisface en el 53% de los casos y si bien parece un porcentaje bastante bajo, está por encima de los valores registrados por Baranzini y Faust (2010) y en el entorno de los valores de Urakami y Parker, por lo tanto se considera razonable.

**Tabla 3. Modelos estimados (resumido)**

	<b>Modelo 1 Cobb-Douglas</b>	<b>Modelo 2 Hedónica</b>	<b>Modelo 3 Homotética</b>	<b>Modelo 4 Translog</b>
Y	0.662***	0.380***	0.478***	0.420***
P_l	0.342***	0.344***	0.340***	0.337***
P_ot	0.089***	0.217***	0.213***	0.213***
P_k	0.183***	0.265***	0.280***	0.280***
Cx	0.389***	0.633***	0.480***	0.547***
Mun	0.006	0.013	0.075**	0.064**
Perd	0.131***	-0.003	0.154**	0.169**
Uti	-0.022	-0.007	-0.072	-0.055
Micro	0.031***	-0.000	0.087***	0.088***
Agua_superficial	0.183***	0.074***	0.150***	0.148***
Agua_subterranea	0.320***	0.064**	0.006	0.011
Tratamiento	-0.109*	-0.066**	-0.049	-0.044
Tratamiento +60%	0.137***	0.071***	0.094***	0.094***
Selva	0.026	-0.016	-0.106**	-0.102**
Sierra	0.026	-0.028	-0.078***	-0.073***
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1				
Observations	195	195	195	195
Parameters	15	37	57	60
R-squared	0.9690	0.9708	0.9796	0.9800
LR Chi <sup>2</sup> (60 - Parameters)	1965.91	105.21	8.05	
Prob > Chi <sup>2</sup>	0.0000	0.0000	0.0450	

Todos los coeficientes tienen el signo esperado y resultan significativos con excepción de tres variables: el grado de utilización ( $Uti$ ), y las dummies agua subterránea y tratamiento. Respecto del grado de utilización, el test de significatividad de todas las interacciones de la variable rechaza al 99% que sea no significativa. Con relación a las variables de agua superficial o subterránea, los resultados indicarían que no existe ahorro de costos por tener agua de dos fuentes distintas, sino que el contar solamente con agua superficial encarece los costos en un 15%. La no significatividad de la variable de tratamiento estaría implicando que tener o no tratamiento de aguas servidas no afectan los costos totales; sin embargo, tratamientos por encima del 60% generan aumentos de costos del 9% con lo cual los dos resultados indicarían que el tratamiento tiene injerencia en los costos sólo cuando sus niveles son altos.

Dentro de las variables de calidad de servicio, aumentos en el porcentaje de pérdidas de red o en el nivel de micromedición aumentan los costos de provisión de agua y saneamiento en 17% y 8%, respectivamente.

Las variables asociadas al entorno en el que operan las EPS, indican que las EPS de la selva o la sierra cuentan con servicios que son en promedio un 10% y 7% más baratos que en la costa, respectivamente.

La Tabla 4 presenta las elasticidades precios ( $E_{ij}$ ) y las elasticidades de sustitución de Morishima ( $M_{ij}$ ) evaluadas en sus niveles medios. Las elasticidades de Morishima miden el cambio relativo en la cantidad de un insumo ante cambios en el precio de otro insumo. Las elasticidades precio propias tienen todas el signo esperado; esto es, las cantidades demandadas se reducen ante aumentos en su precio. Con relación a las elasticidades de sustitución de Morishima no se pueden establecer conclusiones claras ya que en algunos casos los signos son positivos y en otros negativos con excepción de los otros insumos que en su mayoría funcionan como sustitutos de los anteriores.

**Tabla 4. Elasticidades precio y de Morishima**

Elasticidades precios					Elasticidades de sustitución Morishima				
	Trabajo	Serv, Terceros	Capital	Otros		Trabajo	Serv, Terceros	Capital	Otros
Trabajo	-0,304 (0,079)	-0,017 (0,115)	0,118 (0,114)	0,203 (0,081)	Trabajo	-	0,235 (0,273)	0,338 (0,391)	0,639 (0,148)
Serv, Terceros		-0,002 (0,352)	-0,015 (0,232)	-0,012 (0,326)	Serv, Terceros	-0,015 (0,435)	-	-0,009 (0,502)	-0,012 (0,423)
Capital			-0,220 (0,584)	0,201 (0,081)	Capital	0,338 (0,641)	0,278 (0,638)	-	0,517 (0,658)
Otros				-0,621 (0,313)	Otros	0,824 (0,335)	0,634 (0,337)	0,821 (0,335)	-

Leyenda: medias y desvíos estándares (entre paréntesis).

#### **b. Economías de densidad de producto, de clientes y economías de tamaño.**

La Tabla 5 presenta las densidades de producto y clientes, y las economías de tamaño distinguiendo el tamaño de los prestadores. Las estrellas indican si los valores obtenidos pueden considerarse distintos de 1 al 10%, 5% y 1%, debajo se muestran los errores estándares.

**Tabla 5. Economías de densidad de producto, de clientes y tamaño (por tipo)**

	Pequeñas	Medianas	Grandes	Promedio
Densidad de producto	1,003 (0,688)	3,947 ** (1,487)	2,727 *** (0,460)	3,074 *** (0,822)
Densidad de clientes	1,093 *** (0,022)	1,056 *** (0,014)	0,964 ** (0,012)	1,037 *** (0,010)
Economías de tamaño	0,984 * (0,011)	0,955 *** (0,008)	0,911 *** (0,006)	0,948 *** (0,005)

Leyenda: significatividad de la diferencia 1 al \* p<10%; \*\* p<5%; \*\*\* p<1%; y errores estándares entre paréntesis.

Las economías de densidad de producto indican que en promedio, para aumentar los costos en 1% la cantidad de agua facturada lo debería hacer en 3,1%; o visto de otra manera, aumentos en 1% de la cantidad de agua facturada generan aumentos de costos de 0,33% (1/3,074). Similarmente ocurre con las economías de densidad de clientes, aumentos de 1% en la cantidad de agua facturada y cantidad de conexiones implican en promedio aumentos de costos de 0,96%. Mientras que para las economías de tamaño, aumentos de 1% en la cantidad de agua facturada, conexiones y localidades abastecidas implica un aumento de 1,05%. Con excepción de los casos de densidad de producto en empresas pequeñas en todos los casos a medida que aumenta el tamaño de las empresas las economías se van reduciendo y las economías de densidad de producto son superiores a las de clientes y éstas a las de tamaño. En promedio se observa que no hay economías de tamaño y que las economías de densidad de clientes se agotan para los tamaños medianos de la muestra.

**Tabla 6. Economías de densidad de producto, de clientes y tamaño (por región)**

	Costa	Sierra	Selva	Promedio
Densidad de producto	1,637 *** (0,197)	5,298 ** (2,262)	2,172 *** (0,172)	3,074 *** (0,822)
Densidad de clientes	0,973 ** (0,012)	1,094 *** (0,015)	1,060 *** (0,021)	1,037 *** (0,010)
Economías de tamaño	0,927 *** (0,008)	0,972 *** (0,007)	0,946 *** (0,012)	0,948 *** (0,005)

Leyenda: significatividad de la diferencia 1 al \* p<10%; \*\* p<5%; \*\*\* p<1%; y errores estándares entre paréntesis.

Teniendo en cuenta la ubicación de las EPS, la Tabla 6 indica que en todas las regiones se observan economías de densidad de producto. Las economías de densidad de clientes se observan en todos los casos con excepción de las EPS de la costa.

**Las economías de densidad de tamaño no se observan en ninguna de las regiones en promedio; sin embargo, en las** [Error! Not a valid bookmark self-reference.](#) **y**

Figura 2 donde se presenta cada uno de los casos, se destacan observaciones con economías de tamaño. Sobre el particular, para todas las empresas grandes no hay tales economías, para el caso de las empresas de tamaño medio en la costa y en la sierra las economías de tamaño se encuentran por debajo de 1. Finalmente, para las empresas

pequeñas las EPS en las zonas de las costas y la sierra, más de la mitad de los casos están por encima de 1.

Figura 1 – Economías de tamaño

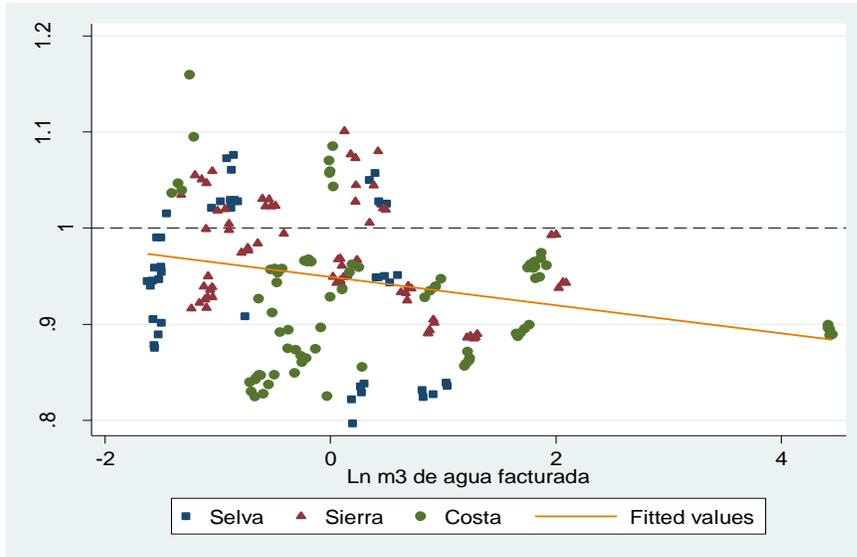
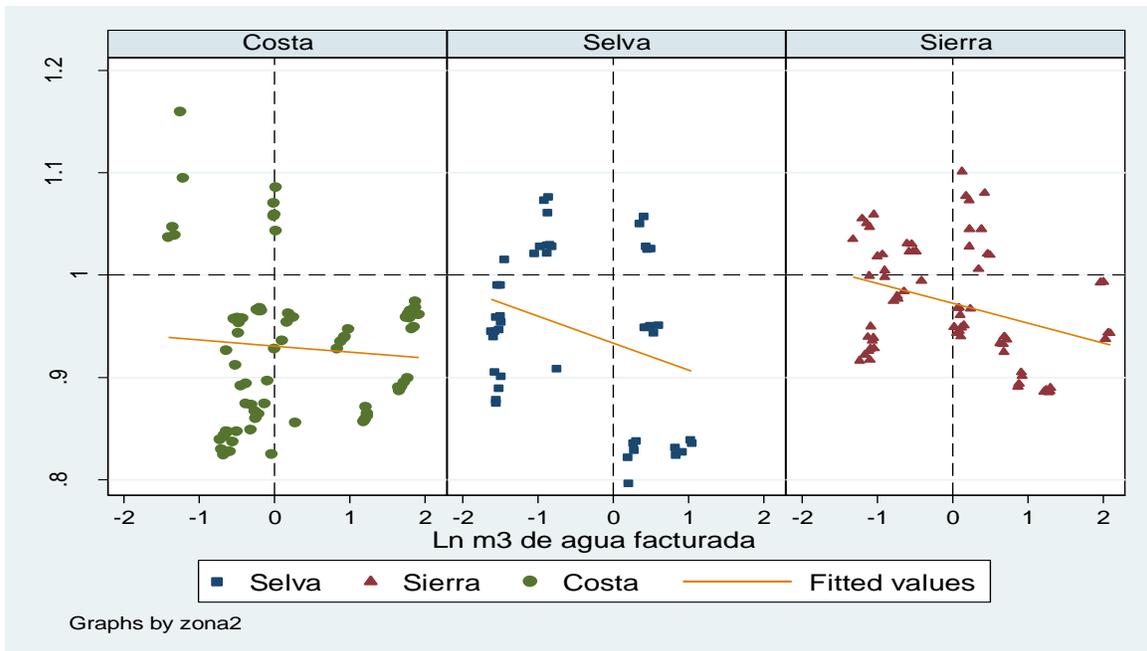


Figura 2 – Economías de tamaño (por región)



Un punto importante a destacar es que los valores de economías de escala presentados por Corton (2011) guardan relación con las economías de densidad de producto presentado en este trabajo. Bajo tal definición se estaría propiciando una consolidación de

EPS en todas las regiones y para todo tipo de tamaños. Sin embargo, cuando se incorpora la variación en la cantidad de clientes y el área de prestación las economías de tamaño desaparece, desaconsejando la consolidación de EPS. De aquí la importancia de explicitar los motivos por los cuales aumenta la cantidad de agua facturada (o producida en el caso de Corton (2011)).

Tomando en cuenta lo anterior, todas las empresas pequeñas de la costa podrían reducir los costos de prestación a través de un aumento en el ámbito de operaciones. Lo mismo sucede para más de la mitad de las empresas pequeñas de la sierra y más de la mitad de las empresas medianas de la selva.

### c. Sensibilidad respecto de la calidad del servicio

Sobre la base de la estructura de costos estimada, el modelo permite contestar la pregunta de cómo cambiarían los incentivos a fusionar prestadores ante aumentos en los estándares de calidad exigidos por la regulación. Reemplazando los valores observados de las variables de calidad (niveles de pérdidas de red, de utilización de la capacidad productiva y de micromedición) por sus valores máximos, mínimos y los correspondientes a cada uno de los cuartiles de la muestra se obtuvieron las economías detalladas en la Tabla 7.

**Tabla 7. Economías de densidad de producto, densidad de clientes y tamaño (para distintos niveles de calidad)**

	Min	25%	50%	75%	Máx
Densidad de producto	-0,198 (1,632)	2,513 *** (0,385)	3,074 *** (0,822)	2,131 *** (0,285)	1,004 (0,031)
Densidad de clientes	0,785 *** (0,004)	0,981 *** (0,006)	1,037 *** (0,010)	1,097 *** (0,008)	1,553 *** (0,015)
Economías de tamaño	0,830 *** (0,003)	0,934 *** (0,004)	0,948 *** (0,005)	0,968 *** (0,004)	1,133 *** (0,006)

Legenda: significatividad de la diferencia 1 al \* p<10%; \*\* p<5%; \*\*\* p<1%; y errores estándares entre paréntesis.

De la Tabla 7 resultan extraños los comportamientos de las economías de densidad de producto para el caso en el cual existe un mínimo de calidad, pero esta es una situación extrema. Más allá de eso las economías son distintas de 1 con excepción del nivel de calidad máxima.

Para el caso de las economías de clientes y las economías de escala se observa que las mismas aumentan conforme la calidad del servicio va aumentando. Sobre el particular, en el caso de la densidad de clientes, calidades por encima de la calidad mediana generan economías. Para el caso de las economías de tamaño, el aprovechamiento de las economías se da para los niveles máximos de calidad.

Por lo tanto, la mejora en los estándares de calidad aumentaría los incentivos a consolidar prestadores en prestadores más grandes y aprovechar las economías de tamaño.

Las Tabla 8 Tabla 9 presentan este resultado desagregándolo por región y por tamaño. Se destaca que las economías de escala se encuentran para los niveles máximos de calidad

en todos los casos y para las empresas pequeñas, a partir de niveles de calidad del servicio superiores al 75% de la muestra ya existen economías de tamaño.

**Tabla 8. Economías de tamaño según calidad del servicio (por región)**

	Min	25%	50%	75%	Máx
Selva	0,837 *** (0,005)	0,943 *** (0,006)	0,946 *** (0,012)	0,977 *** (0,007)	1,144 *** (0,009)
Sierra	0,831 *** (0,006)	0,936 *** (0,007)	0,972 *** (0,007)	0,970 *** (0,008)	1,135 *** (0,010)
Costa	0,826 *** (0,005)	0,929 *** (0,006)	0,927 *** (0,008)	0,962 *** (0,007)	1,144 *** (0,009)
Promedio	0,830 *** (0,003)	0,934 *** (0,004)	0,948 *** (0,005)	0,968 *** (0,004)	1,133 *** (0,006)

Leyenda: significatividad de la diferencia 1 al \* p<10%; \*\* p<5%; \*\*\* p<1%; y errores estándares entre paréntesis.

**Tabla 9. Economías de tamaño según calidad del servicio (por tipo)**

	Min	25%	50%	75%	Máx
Pequeñas	0,880 *** (0,005)	0,998 (0,006)	0,984 * (0,011)	1,036 *** (0,007)	1,226 *** (0,010)
Medianas	0,833 *** (0,004)	0,937 *** (0,005)	0,955 *** (0,008)	0,971 *** (0,005)	1,137 *** (0,007)
Grandes	0,794 *** (0,004)	0,888 *** (0,005)	0,911 *** (0,006)	0,919 *** (0,005)	1,065 *** (0,007)
Promedio	0,830 *** (0,003)	0,934 *** (0,004)	0,948 *** (0,005)	0,968 *** (0,004)	1,133 *** (0,006)

Leyenda: significatividad de la diferencia 1 al \* p<10%; \*\* p<5%; \*\*\* p<1%; y errores estándares entre paréntesis.

De lo anterior, se desprende que la calidad de los servicios tiene una influencia significativa en la determinación de las definiciones de economías. Específicamente, a medida que aumentan los niveles de calidad, las economías de tamaño se hacen más aprovechables. De aquí se desprende que aumentos en las exigencias de los estándares de calidad, deberían aumentar los incentivos de las EPS a fusionarse o aumentar el área de prestación para reducir los costos medios.

#### d. Tamaño óptimo

De la función de costos estimada (eq. 9), el tamaño óptimo se define en términos del producto ( $y$ ), la cantidad de clientes ( $cx$ ) y la cantidad de localidades servidas ( $Lc$ ) que hacen mínimos los costos medios:

$$Cme = \frac{C_{totales}}{y} \quad (13)$$

$$cme = \left(\frac{1}{y}\right) \exp\{\ln \alpha + \beta_y \ln y + \sum_{m=1}^M \gamma_m \ln p_m + \frac{1}{2} \beta_{yy} (\ln y)^2 + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M \gamma_{ij} \ln p_i \ln p_j + \sum_{m=1}^M \gamma_{ym} \ln y \ln p_m + \sum_{l=1}^L f_l \ln z_l + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^L f_{ij} \ln z_i \ln z_j + \sum_{l=1}^L f_{yl} \ln y \ln z_l + \sum_{i=1}^M \sum_{l=1}^L h_{ml} \ln p_m \ln z_l\} \quad (14)$$

De las condiciones de primer orden de los costos medios con relación al producto (y), los clientes (cx) y las localidades (Lc) se obtiene el siguiente sistema:

$$\beta_y + \beta_{yy} \ln y + \sum_{m=1}^M \gamma_{ym} \ln p_m + \sum_{l=1}^L f_{yl} \ln z_l - 1 = 0 \quad (15)$$

$$f_{cx} + f_{cx,y} \ln y + \sum_{i=1}^M h_{cx,m} \ln p_m + \sum_{i=1}^L f_{cx,j} \ln z_i = 0 \quad (16)$$

$$f_{Lc} + f_{Lc,y} \ln y + \sum_{i=1}^M h_{Lc,m} \ln p_m + \sum_{i=1}^L f_{Lc,j} \ln z_i = 0 \quad (17)$$

Para el cálculo del costo mínimo, se supuso que el resto de los factores que inciden en la estructura de costos (precio de los insumos, variables de calidad o ubicación), se mantenían fijos en los niveles de la mediana muestral.

Resolviendo el sistema de ecuaciones y sustituyendo los valores de los parámetros por los obtenidos en el modelo 4 de la Tabla 3, se obtuvieron los costos mínimos presentados en la Tabla 10 para toda la muestra y para cada una de las regiones.

Tabla 10. Tamaño mediano de las EPS y costos mínimos desagregados por regiones.

Zona	Variable	Mediana (i)	Tamaño óptimo (ii)	(i) / (ii) - 1
<b>Todas</b>	Volumen de agua facturada (m3/año)	4.905.162	1.999.902	145%
	Conexiones de agua	23.107	15.967	45%
	Localidades	3	4	-30%
<b>Selva</b>	Volumen de agua facturada (m3/año)	2.090.611	2.731.948	-23%
	Conexiones de agua	12.597	20.393	-38%
	Localidades	1	4	-76%
<b>Sierra</b>	Volumen de agua facturada (m3/año)	5.386.542	2.402.848	124%
	Conexiones de agua	26.099	19.273	35%
	Localidades	3	4	-32%
<b>Costa</b>	Volumen de agua facturada (m3/año)	4.870.263	1.302.334	274%
	Conexiones de agua	31.428	10.610	196%
	Localidades	3	4	-21%

De la Tabla 10 surge que el tamaño mediano de las EPS abastece a 23 mil conexiones en 3 localidades facturando 4,9 millones de m3 de agua y el tamaño que minimiza los costos implica que las EPS deberían facturar 2 millones de m3 de agua a 16 mil clientes en 4 localidades. En términos de volumen de agua facturada y de conexiones de agua el tamaño mediano se encuentra excedido respecto del tamaño óptimo en 145% y 45%, respectivamente.

Separando por regiones, se observa que en la selva los sistemas existentes son más chicos que los óptimos y es donde existiría margen para agrupar prestadores.

Los tamaños óptimos implican que el ratio de volumen de agua facturada sobre conexiones de agua debería caer en todos los casos.

La Tabla 11 repite el ejercicio anterior en el cual se simulaban distintos niveles de calidad, a partir de los niveles óptimos se encuentra que el tamaño que minimiza los costos medios de largo plazo aumenta con los niveles de calidad. Sobre el particular, para los niveles de calidad superiores al 75%, la cantidad de conexiones y localidades se encuentra por debajo del tamaño óptimo.

Este resultado estaría indicando que mayores exigencias en términos de calidad del servicio, podría incentivar a las distintas EPS a agruparse en prestadores de mayor tamaño.

Tabla 11. **Tamaño mediano de las EPS y costos mínimos desagregados por niveles de calidad.**

Calidad	Variable	Mediana (i)	Tamaño óptimo (ii)	(i) / (ii)-1
<b>Mínima</b>	Volumen de agua facturada (m3/año)	4.905.162	48.501	10013%
	Conexiones de agua	23.107	246	9293%
	Localidades	3	0	1381%
<b>25%</b>	Volumen de agua facturada (m3/año)	4.905.162	969.494	406%
	Conexiones de agua	23.107	7.464	210%
	Localidades	3	2	25%
<b>50%</b>	Volumen de agua facturada (m3/año)	4.905.162	1.999.902	145%
	Conexiones de agua	23.107	15.967	45%
	Localidades	3	4	-30%
<b>75%</b>	Volumen de agua facturada (m3/año)	4.905.162	3.552.776	38%
	Conexiones de agua	23.107	28.881	-20%
	Localidades	3	7	-58%
<b>Máxima</b>	Volumen de agua facturada (m3/año)	4.905.162	343.319.702	-99%
	Conexiones de agua	23.107	1.952.501	-99%
	Localidades	3	101	-97%

#### e. Cuestiones de política sectorial

Una vez establecidas las posibilidades de ampliar el ámbito de prestación por parte de la EPS y el tamaño óptimo de las EPS en cada una de las regiones, una pregunta que surge como cuestión de política sectorial es: ¿existe alguna posibilidad de generar ahorro de costos a partir de una consolidación de EPS en algún prestador más grande?

Cabe destacar que este ahorro de costos es un potencial que luego hay que alcanzar con acciones concretas como eliminar los insumos que son redundantes, reasignación de personal en actividades más específicas, reducir el tamaño de los directorios y eliminar la duplicación de gerencias, la optimización de sistemas o renegociación de contratos con proveedores.

Para este análisis se consideraron a las empresas que tenían elasticidades de tamaño iguales o superiores a 1. Esto asegura que los costos no deberían subir al aumentar el ámbito de prestación.

Una vez seleccionadas las empresas, el criterio de agrupación es por proximidad, ya que se estima más probable (o relevante) desde el punto de vista de la política la agrupación de EPS contiguas, especialmente si se encuentran en el mismo departamento.

Para los precios y la calidad se consideraron los valores promedios, ponderados por la cantidad de producto relativo. El resto de las variables surgió de la suma de las anteriores.

Tabla 12. Ejercicio de consolidación.

Zona	Empresa	Economía de Tamaño	Consolidación con empresa próxima...	Economía de Tamaño	Ahorro de costos
Sierra	Sedacaj S.A.	1,065	Emusap Amazonas	0,980	43,05%
Sierra	Sedajuliaca S.A.	1,034	EMSA Puno S.A.	0,948	42,60%
Sierra	EPS Mantaro S.A.	1,011	Sedam Huancayo S.A.	0,887	-24,81%
Sierra	EPS Mantaro S.A.	1,011	EPS Sierra Central S.R.L	0,936	-6,61%
Sierra	EMAQ S.R.LTDA.	1,008	EPS - SEDACUSCO S.A.	0,896	-47,78%
Sierra	EMAQ S.R.LTDA.	1,008	EMPSSAPAL S.A.	0,924	-48,10%
Costa	EMAPAVIGSSA	1,075	SEMAPACH S.A.	0,863	-85,33%
Costa	EMAPAVIGSSA	1,075	EMAPISCO S.A.	0,913	-23,77%
Selva	EMUSAP AMAZONAS	0,980	EPSSMU S.R.LTDA	0,890	16,39%
Selva	EMAPA MOYOBAMBA S.R.LTDA.	1,052	EMAPA SAN MARTIN S.A.	1,037	36,06%

De la Tabla 12 surge que en 4 de los 10 casos planteados existen ahorros de costos de la consolidación de prestadores. Estos ahorros de costos van desde el 16% al 43%.

Aclaraciones importantes: (i) con excepción de los dos primeros casos, el resto de las consolidaciones se producen dentro de un mismo departamento por lo tanto, los resultados de ahorro de costos en la consolidación indicarían que el servicio podría ser prestado de una manera más eficiente a nivel departamental; (ii) el ejercicio de consolidación se realizó tomando en cuenta la muestra de 39 EPS, sin considerar los beneficios de agrupar las EPS de la muestra con otras que han quedado afuera (por ejemplo Sedacaj S.A. con EPS Marañón, o EMAQ S.R.LTDA. y Emsapa Calca); (iii) empresas como Emapat S.R.LTDA. no fueron consideradas por no existir otra EPS dentro del departamento con la cual consolidarse.

## 7. Conclusiones

El objetivo del trabajo era cuantificar las economías de escala en la prestación de los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento por red en áreas urbanas de Perú para determinar el margen que tienen las empresas prestadoras para reducir los costos medios de prestación reorganizándose en empresas con un tamaño acorde a sus tecnologías y ambientes de operación.

Para esto se distinguieron de manera explícita aumentos de la producción por aumentos de la cantidad demandada, en la cantidad de clientes y en el área de prestación mediante los conceptos de economías de densidad de producto, de clientes y de tamaño.

Se encontró que en promedio existen economías de densidad de producto y economías de densidad de clientes para la media muestral significando que los costos medios caen con el aumento del agua facturada y se mantienen constantes cuando ese aumento en el agua facturada se da por un aumento de la cantidad de conexiones.

Con relación a las economías de tamaño, no se encontraron éstas para la media muestral y sí en algunos casos en particular. Siguiendo con el párrafo anterior se destaca la

importancia de la cuestión espacial en el análisis ya que cuando se incorpora el tamaño del área de prestación los ahorros de costos derivados de las consolidaciones pueden diluirse.

Desde el punto de vista de la política sectorial se simuló distintas consolidaciones de EPS encontrando casos en los que los costos medios podrían reducirse entre un 16% y un 43%.

Por otra parte, a partir de la función de costos desarrollada y conceptos de economía se determinó el tamaño óptimo de las empresas siendo éste de alrededor de 15.000 conexiones en 4 localidades. Cuando se desagrega la información por región, la región de la Selva es la que tiene más margen para el aprovechamiento de las economías de tamaño.

Teniendo en cuenta que la calidad del servicio es un elemento que no se distribuye de manera uniforme entre las distintas empresas, se simuló distintos niveles de calidad para las empresas y se recalculó las economías de tamaño. A medida que la calidad del servicio aumenta, las economías de escala también lo hacen, junto con el tamaño mínimo óptimo. Sobre el particular, para los niveles de calidad más altos se encuentran economías de tamaño en todas las regiones y para los diferentes tamaños de empresas.

Este punto tiene doble relevancia, por un lado la incorporación explícita de la calidad permite distinguir aumentos en los costos producto del servicio que provee cada EPS. Por otro lado, desde el punto de vista de la política sectorial, cambios en la regulación basados en la exigencia de mayores estándares de calidad deberían propiciar simultáneamente la reorganización de las empresas en un menor número de EPS más grandes.

## Referencias

- Antonoli, B. and M. Filippini (2001). "The use of a variable cost function in the regulation of the Italian water industry," *Utilities Policy*, Elsevier, vol. 10(3-4).
- Ashton, J. (1999), "Economies of scale, economies of capital utilization and capital utilization in the English and Welsh water industry" Bournemouth University, School of Finance and Law Working Paper Series, 17
- Baranzini, A. y Faust, A-K. (2010) "The Cost Structure of Water Utilities in Switzerland." Cahier de recherche No HES-SO/HEG-GE/C--10/5/1--CH . Available at SSRN: <http://ssrn.com/abstract=1619826>
- Bonifaz Fernández, J. L. (2009) "Plan estratégico sectorial de agua potable y saneamiento en Perú" Banco Interamericano de Desarrollo. Informe final de marzo de 2009.
- Bottasso, A. and M. Conti (2003). "Cost Inefficiency in the English and Welsh Water Industry: An Heteroskedastic Stochastic Cost Frontier Approach". Economics Discussion Papers 573, University of Essex, Department of Economics.
- Bottasso, A. and M. Conti (2009). "Scale economies, technology and technical change in the water industry: Evidence from the English water only sector". *Regional Science and Urban Economics* 39.
- Bottasso A., Conti M., Piacenza M, Vannoni D (2011) "The Appropriateness of the Poolability Assumption for Multiproduct Technologies" *International Journal of Production Economics*, Elsevier, vol. 130(1), pages 112-117, March.

- Christensen, L. Jorgenson, D. Lau, L. (1973). "Transcendental Logarithmic Production Frontiers," *The Review of Economics and Statistics*, MIT Press, vol. 55(1), pages 28-45, February.
- Coelli, T. P. Rao, C. O'Donnell y G. Battese. (2005) *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. Springer.
- Corton, M.(2011). "Sector fragmentation and aggregation of service provision in the water industry" *Journal of Productivity Analysis* 35 (2), 159–169
- De Witte, Kristof and Ebert Dijkgraaf (2007). "Mean and bold? On separating merger economies from structural efficiency gains in the drinking water sector" Tinbergen Institute Discussion Paper 2007-092/3
- Fabrizi, P. y Fraquelli, G. (2000) "Cost and structure of technology in the Italian Water Industry" *Empirica* n° 27, pp 65-82, 2000.
- Ferro, G., Lentini, E.J. y Mercadier (2011) "Economies of scale in the water sector: a survey of empirical literatura" *Journal of Water, Sanitation and Higiene for Development*. Vol 1 No 3 pp 179-193.
- Filippini, M, Hrovatin, N. y Zoric, J (2008) "Cost Efficiency and Economies of Scale of Slovenian Water Distribution Utilities: An Application of Panel Data Stochastic Frontier Methods" *Journal of Productivity Analysis*. Vol 29, Issue 2 (April).
- Fraquelli, G. y Moiso, V. (2005) "Cost Efficiency and Economies of Scale in the Italian Water Industry". XVII Conferenza Società Italiana di Economia Pubblica. Dipartimento di Economia Pubblica e Territoriale. Università di Pavia.
- Feigenbaum, S. y Teeples, R. (1983) "Public versus private water delivery: A hedonic cost Approach" *The Review of Economics and Statistics* 65, 672-678.
- Garcia, S., Moreaux M. y Reynaud A. (2007) "Measuring Economies of Vertical Integration in Network Industries: An Application to the Water Sector". *International Journal of Industrial Organization* 25(4).
- Garcia, S. y Thomas, A. (2001). "The Structure of Municipal Water Supply Costs: Application to a Panel of French Local Communities." *Journal of Productivity Analysis* 16.
- Greene, W.H. (2007). *Econometric Analysis*. Sixth Edition, Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- IPART (Independent Pricing and Regulatory Tribunal de New South Wales, Australia) (2007). "Literature Review. Underlying costs and industry structures of metropolitan water industries".
- Kim, H. Y. and R. M. Clark (1988) "Economies of Scale and Scope in Water Supply". *Regional Science and Urban Economics* 18.
- Kim, E. and H. Lee (1998) "Spatial Integration of Urban Water Services and Economies of Scale" *Review of Urban and Regional Development Studies*, 10(1).
- Lentini, E. J. y Ferro, G. (2010) "El cambiante panorama latinoamericano en cuanto a prestación y regulación de los servicios de agua potable y saneamiento." Munich Personal RePec Archive Paper (MPRA Paper) N° 25594. 10/2010. University Library of Munich.

- Martins, R., F. Coelho y A. Fortunato (2006). "Evaluating Cost Structure of Portuguese Water Utilities: Economies of Scale and Water Losses." Presented at the XVI International Reser Conference, Lisbon, September, 28-30.
- Martins, R. Coelho, F. y Fortunato, A. (2008) "Water Losses and Hydrographical Regions Influence on the Cost Structure of the Portuguese Water Industry," GEMF Working Papers 2008-06, GEMF - Faculdade de Economia, Universidade de Coimbra.
- Martins, R. Fortunato, A. y Coelho F. (2006) "Cost Structure of the Portuguese Water Industry: a Cubic Cost Function Application," GEMF Working Papers 2006-09, GEMF - Faculdade de Economia, Universidade de Coimbra.
- Mizutani, F. y T. Urakami (2001). "Identifying network density and scale economies for Japanese water supply organizations". *Regional Science*, volume 80.
- Nerlove (1963) "Returns to Scale in Electricity Supply". In *Measurement in Economics-Studies in Ailathematical Economics and Econometrics in Memory of Yehuda Grunfeld*, edited by Carl F. Christ. Stanford, Calif.: Stanford Univ. Press.
- Panzar, J. C. (1989). "Technological Determinants of Firm and Industry Structure." Chap. 1 in R. Schmalensee and R. D. Willig (eds.), *Handbook of Industrial Organization*, Vol. 1, Elsevier Science Publishers B. V.
- Saal, D.S. y Parker, D. (2000) "The impact of privatization and regulation on the water and sewerage industry in England and Wales: a translog cost function model," *Managerial and Decision Economics*, John Wiley & Sons, Ltd., vol. 21(6), pages 253-268.
- Saal, D.; Parker, D. y Weyman- Jones, T. (2007) "Determining the Contribution of Technical Change, Efficiency Change and Scale Change to Productivity Growth in the Privatized English and Welsh Water and Sewerage Industry: 1985 – 2000" *Journal of Productivity Analysis*, vol. 28(1), págs. 127- 139.
- Stone and Webster Consultants (2004) "Investigation into evidence for economies of scale in the water and sewerage industry in England and Wales" Prepared for OFWAT. Final Report, January.
- Sauer, J. (2005). "Economies of scale and firm size optimum in rural water supply." *Water Resources Research* 41.
- Torres, M. and C. J. Morrison-Paul (2006). "Driving Forces for Consolidation or Fragmentation of the US Water Utility Industry: A Cost Function Approach with Endogenous Output". *Journal of Urban Economics* 59.
- Tynan y Kingdom (2005). "Optimal Size for Utilities? Public Policy For the Private Sector." Note Number 283. The World Bank, January.
- Urakami, T y Parker, D. (2011) "The Effects of Consolidation amongst Japanese Water Utilities: A Hedonic Cost Function Analysis," *Urban Studies*, Urban Studies Journal Limited, vol. 48(13), pages 2805-2825, October.
- Zellner A. (1962) "An efficient method of estimating seemingly unrelated regressions and tests for aggregation bias" *Journal of the American Statistical Association* 57: 500-509.

Zoric, J. (2006) Cost efficiency and regulation of Slovenian water distribution utilities: an application of stochastic frontier methos. Doctoral dissertation. University of Lugano.

## Anexo

Tabla 13. Trabajos relevados sobre economías de escala

Autor y fecha	Densidad de producto			Densidad de clientes			Densidad de tamaño			Tamaño en miles de m3
	VC	VC (LR)	TC	VC	VC (LR)	TC	VC	VC (LR)	TC	Media muestral
Antonioli and Filippini (2002)		1,4600			1,1600			0,9500		6.770
Ashton (1999)		0,9633								57.536
Baranzini, Faust and Maradan (2008)	1,5625	1,0313	1,2195							3.804
Bhattacharyya et al, (1994)	1,1696									54.973
Bhattacharyya et al, (1995)	1,2640									54.973
Bottasso and Conti (2003)	1,5020	1,3570					1,1143	1,0320		186.340
Bottasso, Conti, Pienza and Vannoni (2011)			2,5000				1,2300			186.340
Bottasso and Conti (2009)		3,7600			1,4200			1,1200		67.784
Corton (2011)			1,7100							9.900
De Vitte and Dijkgraaf (2007)			0,9174							69.000
Fabbri and Fraquelli (2000)			1,5773			0,9900				18.860
Feigenbaum and Teeple (1983)			1,1567							
Filippini, Hrovatin, Zoric (2007)			3,8740			1,3130			1,0880	2.299
Fraquelli and Moiso (2005)			4,2500			1,2000				59.202
García, Moreaux and Reynaud (2007)	1,5839						1,4029	1,1668		1.587
García and Thomas (2001)	1,1417	1,2090		1,0499	0,8723			1,0016		555
Hayes (1987)			1,1713							18.925
Hunt and Lynk (1995)			2,4510							
Imi (2008)			1,1490			1,2140				26.937
Kim and Clark (1988)			0,9923							43.208
Kim and Lee (1998)			1,2580			0,9765				
Malmsten (2008)	1,0600			1,0300						3.258
Martins, Coelho and Fortunato (2006)			1,0980							1.850
Martins, Fortunato and Coelho (2006)			1,2390							1.664
Martins, Coelho and Fortunato (2008)			1,4870							1.850
Mizutani and Urakami (2001)			1,1030						0,9210	66.620
Monteiro (2010)			1,0300			0,9200				3.839
Nauges and van den Berg (2008)										
Nauges and van den Berg (2010)										
Prieto, Zofio and Alvarez (2009)			1,4810							
Renzetti (1999)			1,2490							8.100
Revollo Fernández and Londoño (2008)	1,6900	1,3100						0,9500		18.900
Saal and Parker (2000)									0,8300	
Saal, Parker and Weyman-Jones (2007)									0,8610	
Sauer (2005)							2,0879	2,0872		1.232
SCL Econometrics (2009)									1,2924	48.437
Shih, Harrington, Pizer, and Gillingham (2004)			1,1905							1.151
Stone and Webster (2004)	0,6700	0,6200	0,7100							382.520
Torres and Morrison (2006)	1,7241			0,9300			0,8100			33.228
Tsegai, Linz and Kloos (2009)			1,1628							3.091
Tynan and Kingdom (2005)										
Urakami (2006)			1,0449							22.058
Urakami and Parker (2011)			1,0803							22.058
Zschille and Walter (2010)			1,1238						1,1455	3.905
Media muestral	1,3368	1,4638	1,5258	1,0033	1,1508	1,1022	1,3290	1,1868	1,0230	42.650

Nota: VC = Costos Variables; VC (LR) = Costos Variables (Largo Plazo); TC= Costos Totales

Tabla 14. Modelos estimados (completo)

	Modelo 1 Cobb-Douglas	Modelo 2 Hedónica	Modelo 3 Homotética	Modelo 4 Translog
Y	0.662***	0.380***	0.478***	0.420***
P_l	0.342***	0.344***	0.340***	0.337***
P_ot	0.089***	0.217***	0.213***	0.213***
P_k	0.183***	0.265***	0.280***	0.280***
Cx	0.389***	0.633***	0.480***	0.547***
Mun	0.006	0.013	0.075**	0.064**
Perd	0.131***	-0.003	0.154**	0.169**
Uti	-0.022	-0.007	-0.072	-0.055
Micro	0.031***	-0.000	0.087***	0.088***
Agua_superficial	0.183***	0.074***	0.150***	0.148***
Agua_subterranea	0.320***	0.064**	0.006	0.011
Tratamiento	-0.109*	-0.066**	-0.049	-0.044
Tratamiento +60%	0.137***	0.071***	0.094***	0.094***
Selva	0.026	-0.016	-0.106**	-0.102**
Sierra	0.026	-0.028	-0.078***	-0.073***
Y*Y		-0.342***	-1.263***	-1.102***
Y*P_l		-0.043**		-0.042*
Y*P_ot		0.007		0.017
Y*P_k		-0.014		-0.003
Y*Cx		0.787***	1.217***	1.074***
Y*Mun		-0.142*	-0.011	-0.033
Y*Perd			-0.477**	-0.474**
Y*Uti			0.376	0.351
Y*Micro			-0.045	-0.044
P_l*P_l		0.107***	0.104***	0.108***
P_l*P_ot		-0.006*	0.001	0.000
P_l*P_k		-0.039***	-0.055***	-0.054***
P_l*Cx		0.020	-0.026***	0.018
P_l*Mun		-0.000	0.003	0.001
P_l*Perd			-0.028**	-0.027*
P_l*Uti			0.003	0.010
P_l*Micro			-0.007**	-0.007**
P_ot*P_ot		0.007***	0.026***	0.025***
P_ot*P_k		0.026***	-0.001	-0.000
P_ot*Cx		-0.029	-0.008	-0.027
P_ot*Mun		0.018**	0.001	0.002
P_ot*Perd			0.034***	0.034***
P_ot*Uti			-0.005	-0.008
P_ot*Micro			-0.002	-0.002
P_k*P_k		0.045***	0.088***	0.087***
P_k*Cx		0.053*	0.027***	0.030
P_k*Mun		-0.019*	-0.006	-0.006
P_k*Perd			-0.004	-0.003
P_k*Uti			-0.024	-0.024
P_k*Micro			0.013***	0.013***
Cx*Cx		-0.434***	-1.146***	-1.026***
Cx*Mun		0.137	0.085	0.105
Cx*Perd			0.618**	0.607***
Cx*Uti			-0.357	-0.317
Cx*Micro			0.013	0.015
Mun*Mun		-0.001	-0.162**	-0.154**
Mun*Perd			0.011	-0.004
Mun*Uti			-0.168*	-0.170*
Mun*Micro			0.012	0.010
Perd*Perd			0.281**	0.305**
Perd*Uti			0.273**	0.277**
Perd*Micro			-0.028	-0.027
Uti*Uti			-0.850***	-0.790***

Uti*Micro			-0.101***	-0.096**
Micro*Micro			0.018**	0.018**
Constant	17.210***	17.176***	17.288***	17.274***

\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

Observations	195	195	195	195
Parameters	15	37	57	60
R-squared	0.9690	0.9708	0.9796	0.9800
LR Chi <sup>2</sup> (60 - Parameters)	1965.91	105.21	8.05	
Prob > Chi <sup>2</sup>	0.0000	0.0000	0.0450	