



## Economías de escala, densidad y alcance en la provisión pública de infraestructura básica municipal\*

ÁNGEL M. PRIETO

IRNASA-CSIC

JOSÉ L. ZOFIO

INMACULADA ÁLVAREZ

Universidad Autónoma de Madrid

*Recibido: Mayo, 2008*

*Aceptado: Febrero, 2009*

### Resumen

Las Entidades Locales desarrollan su gestión presupuestaria en un entorno complejo establecido por la normativa estatal, autonómica y local. Se encuentran condicionadas por la presión de los ciudadanos por mejores servicios públicos y por mayor nivel de eficiencia en el gasto. Las normativas establecen, mediante pautas emanadas de la Ley Reguladora de las Bases de Régimen Local, programas de cooperación económica con las Entidades Locales para proveer infraestructura, que se concreta en stock municipal. En este artículo se estiman, mediante una función de costes translogarítmica, las economías de escala, densidad y alcance en la provisión de infraestructura básica, mostrando importantes ineficiencias derivadas de un tamaño municipal subóptimo. Ello supone un sobrecoste de provisión cuantioso tanto en términos del stock como de la cooperación económica a las inversiones. La información estadística, referida a Castilla y León, proviene de la Encuesta de Infraestructura y Equipamientos Locales y una Base de Precios determinada por la mejor práctica técnica ingenieril.

*Palabras clave:* infraestructura pública básica, función de costes translog, economías de escala, densidad y alcance.

*Clasificación JEL:* C3, D23, H1, H4, H54.

---

\* Esta investigación ha sido realizada con el apoyo económico del Ministerio de Educación y Ciencia en el contexto del proyecto SEJ2006/1482/ECON y de la Dirección General de Administración Territorial de la Junta de Castilla y León. Nuestro agradecimiento a la empresa CYLSTAT, S.L., por facilitarnos el contenido y explotación de la EIEL, a los servicios técnicos de las Diputaciones encuadrados en Planes Provinciales por la ayuda prestada en la elaboración de la base de precios. En particular la contribución realizada por D. Evaristo Rodríguez de la Diputación de Salamanca. También a D. José Forteza, edafólogo del CSIC-IRNASA, por determinar la escala de dificultad de ejecución de tareas de las infraestructuras. Finalmente a Luis Orea y a dos evaluadores anónimos por las numerosas sugerencias que han mejorado definitivamente el artículo.

## 1. Introducción

La búsqueda de mayor dimensión es una necesidad para los gobiernos locales. Se está de acuerdo entre hacendistas y expertos en la ordenación del territorio, que el escenario de la provisión de los bienes públicos es complejo, de extensa y cambiante legislación e influido por grandes cambios culturales, con competencias dispersas condicionadas por el marco político y con crecientes demandas ciudadanas. Este escenario hace que se haya desestructurado la correspondencia entre territorio institucional (frontera política), relacional (actores sociales, empresa y familia) y funcional (producción u oferta de provisión); lo que plantea la recomposición territorial mediante aglomeraciones (fusiones, asociaciones, consorcios) y su financiación con los instrumentos de la cooperación económica a las inversiones de las entidades locales. Los municipios y otras entidades como las diputaciones, que tienen como elemento sustancial la organización en su territorio de la población y viviendas, planifican las inversiones en infraestructura condicionados tanto por sus ahorros presupuestarios como por las transferencias de capital derivadas de la cooperación local<sup>1</sup>.

De otro lado, el proceso de descentralización y las consecuentes políticas que otorgan competencias a los gobiernos locales y regionales, plantean la cuestión sobre la capacidad de gestión de los niveles de gobierno local. Se argumenta que no poseen las capacidades necesarias ni la gestión operativa para asumir las funciones que exige su propio desarrollo, influyendo negativamente en la eficacia y la eficiencia de la gestión (Deller y Rudnicki, 1992). En contraposición, se considera al municipio como la escala necesaria tanto para mejorar los procesos democráticos como para acercar los servicios y la gestión pública a los ciudadanos (Marlow, 1988). La racionalidad teórica tras la asignación de funciones a los niveles de administración local, asume que la participación de éstos en los recursos públicos, permite mayor conexión entre la provisión de los servicios locales y las preferencias y necesidades de la población<sup>2</sup>.

La Cooperación Económica Local del Estado, en su configuración actual, se inicia a partir de la Ley Reguladora de las Bases de Régimen Local, LRBRL, 7/1985, de 2 de abril y RD 665/90. Desde la perspectiva instrumental, mediante el Programa 912B, se orienta a cofinanciar un conjunto de "actuaciones" dirigidas básicamente a mejorar el sistema de financiación para las infraestructuras y equipamientos de las Corporaciones Locales, dentro del marco general de financiación de los Entes Territoriales. El Programa, inspirado en los principios constitucionales de solidaridad y de coordinación administrativa, pretende aumentar la calidad de vida y la cohesión económica y social de los municipios, en especial de los menos favorecidos. Persigue dotar a los núcleos y entidades de población de los necesarios servicios de infraestructura y equipamientos básicos de carácter colectivo y prioritariamente de los obligatorios establecidos en el artículo 26 de la LRBRL. Se reconoce en el Programa la necesidad de potenciar y polarizar la capitalización, tanto física como humana, de la actividad económica en las Entidades Locales con menos capacidad económica, técnica y de gestión del medio rural y semiurbano<sup>3</sup>.

El desarrollo y aplicación de la Cooperación Económica Local del Estado en el contexto autonómico, ha originado un entramado de posibilidades de cooperación con las Entida-

des Locales que abarca a los subsecuentes niveles de Administración: Autonómica y Local, principalmente CC.AA., Diputaciones, y Cabildos o Consejos Insulares. Estos niveles, en el ejercicio de su autonomía, establecen sus propios Planes Autonómicos y Provinciales de Cooperación para también cofinanciar inversiones en Municipios, Entes Comarcales, Mancomunidades, Entidades Menores, etc.; fruto de una Administración Local plural, como señala Peña (1995:7): “diversa dentro de la misma clase de entes locales, que se percibe más claramente en los municipios, bien sea por su tamaño, su grado de urbanización, etc...” que origina una distribución desigual del territorio. En cualquier caso, la Cooperación Económica Local, materializada en la financiación de actuaciones concretas (obras de infraestructura), se encuentra muy influenciada por el tamaño poblacional, el tipo de infraestructura y la regulación administrativa<sup>4</sup>. Así, la provisión de equipamientos como centros sanitarios, asistenciales o deportivos, etc..., exige un tamaño municipal crítico para su provisión, mientras que la infraestructura básica considerada en este estudio es un derecho universal según la LRBRL.

Por tanto, y a pesar de que pueda no existir un tamaño óptimo general para la provisión de infraestructura y su financiación, debido a la multidimensionalidad de la misma, unas bases mínimas de población parecen necesarias en términos de racionalidad económica y de escala de operaciones. Esto es patente en el caso particular de la región de Castilla y León, con el que ejemplarizamos nuestro análisis, donde se observa escasa densidad de población: 26,5 hab./km<sup>2</sup>, frente a los 85,6 hab./km<sup>2</sup> en España y los 112 hab./km<sup>2</sup> en la Unión Europea (Eurostat, 2004). Esto supone poblaciones rurales situadas en áreas dispersas, denominadas áreas excéntricas (OCDE, 2001) o desfavorecidas (European Commission, 2001)<sup>5</sup>. El 87,7% de los 2.248 municipios existentes tienen menos de 1.000 habitantes, que representan el 20% de la población total. En contraste, 22 municipios poseen más del 60% de la población regional.

La situación desfavorable de Castilla y León respecto a la densidad media de población y su desigual distribución, hacen aún más relevante tanto la estimación del coste de provisión, al objeto de determinar la magnitud de las economías de escala, densidad y alcance, como las conclusiones que puedan obtenerse respecto al tamaño óptimo municipal y el coste medio mínimo –per cápita– en la acumulación de stock municipal. En este sentido, nuestro objetivo fundamental consiste en examinar y medir el volumen óptimo de infraestructura municipal de acuerdo a las economías mencionadas, y sugerir patrones de ordenación del territorio que permitan racionalizar y pautar la mejor práctica en el reparto de la Cooperación Económica Local. El análisis propuesto permite contraponer el tamaño municipal en términos de eficiencia en la gestión del gasto, a los principios de descentralización (transferencia de poder y responsabilidad) y de subsidiaridad, tal como señala Suárez-Pandiello (2001, 2007)<sup>6</sup>.

Así pues, en el análisis de la eficiencia en la provisión de los equipamientos de infraestructura básica municipal con criterios económicos, resulta imprescindible determinar alguna medida de tamaño óptimo municipal, con el propósito de establecer protocolos de ordenación del territorio y definir políticas económicas concretas tendentes, por ejemplo, a

incentivar mayor densidad de población y menor descentralización (p.e. autorizar nuevos desarrollos urbanos). La estimación de economías de escala, –entendidas como la reducción en el coste medio de provisión cuando aumenta el tamaño municipal–, de densidad –asociadas a igual reducción cuando, dada la extensión del municipio, la población se concentra en el territorio– y de alcance –caso de reducciones asociadas a la provisión de infraestructura de forma conjunta–, constituye una aproximación válida para determinar el tamaño óptimo municipal. Esta aproximación ha sido ampliamente utilizada en la literatura, si bien centrada fundamentalmente en la producción de servicios más que en la provisión de stock de infraestructura. Ambas perspectivas han tenido escasa presencia en el caso español, lo que dota al presente trabajo de un carácter novedoso, a lo que es preciso sumar la dificultad en la elaboración y recopilación de las bases de datos utilizadas.

En base a los objetivos planteados, el artículo se estructura de la siguiente manera. En el siguiente epígrafe revisamos la literatura relativa a la evaluación de la eficiencia en costes de la producción de servicios relacionados con el Abastecimiento de agua, Saneamiento y depuración y la Pavimentación y alumbrado, destacando las diferencias entre estos estudios y el que aquí se realiza. En el tercer epígrafe se especifica la función de costes translog que permite determinar las economías de escala, densidad y alcance. En el cuarto epígrafe se presenta un análisis detallado del esfuerzo realizado para construir las bases de datos, particularmente las relativas a las variables que sirven para la cuantificación física del stock de infraestructura: la Encuesta de Infraestructura y Equipamientos Locales (EIEL), los precios derivados de la Base de Precios Paramétricos, BPP –incluidos diversos aspectos que sirven para ponderarlos según las características del municipio–, y las variables relativas a población y vivienda. En el quinto epígrafe se presentan y discuten los resultados obtenidos de la estimación, así como los relativos a la magnitud y significatividad de las economías de escala, densidad y alcance. Le sigue un epígrafe que contribuye al controvertido tema del tamaño óptimo municipal por unidad de provisión, los costes mínimos que le corresponden, y el sobre coste que conlleva la secular distribución de la población en el territorio de Castilla y León (o, de forma equivalente, el ahorro potencial que tendría simular una reordenación territorial en torno a los óptimos). Al objeto de cuantificar y relativizar la importancia de la ineficiencia asignativa en costes, se introduce, de forma breve, una síntesis de la Cooperación Económica del Estado a las Entidades Locales, poniendo de manifiesto su magnitud y distribución municipal en Castilla y León. En el séptimo epígrafe se incide en los resultados más significativos, y sus consecuencias, desde la perspectiva de la ordenación del territorio en torno a los tamaños óptimos municipales. Se concluye con los principales resultados y su relación con las referencias a la literatura invocada en el trabajo.

## **2. La evaluación de la eficiencia en costes en la provisión de servicios e infraestructura**

Tal como se ha anticipado, la distribución de la población –y, por extensión, las viviendas– en el territorio de Castilla y León, y su importancia como variables determinantes de la provisión y de la distribución de la Cooperación Local, permite considerarlas como factores

clave respecto a los que evaluar la eficiencia en la provisión de infraestructura básica mediante la determinación del tamaño óptimo municipal. Tal como introdujo Oates (1972), el argumento central favorable a la descentralización reside en que las preferencias de los ciudadanos son mejor captadas en el nivel local y, por tanto, la relación entre oferta y preferencias tiene mejor ajuste si las demandas agregadas (colectivas) se desagregan en grupos menores. Pero desde la perspectiva de la oferta que nos ocupa en este artículo, el argumento recae en el tamaño óptimo de las unidades territoriales en términos de población y vivienda derivado de las economías de escala, densidad y alcance (“tiranía de la escala”). Si existen, la estructura municipal heredada con relación a la distribución de estas dos variables impone un sobrecoste de financiación. Incluso si se consideran argumentos políticos y sociales, resulta imprescindible que cualquier nueva infraestructura tenga que evaluarse bajo el prisma de la eficiencia en el gasto. Esto es equivalente a la determinación del tamaño óptimo municipal para el cual el coste medio de provisión es mínimo, desapareciendo las posibles economías de escala, densidad y alcance.

Con relación a los sectores evaluados en esta investigación, es posible referenciar numerosos estudios que, atendiendo a una definición genérica, han analizado la eficiencia en su provisión. En el sector de Abastecimiento de agua, la abundante disponibilidad de datos ha hecho posible que la mayoría de los trabajos analicen el caso de los Estados Unidos. En la exhaustiva revisión bibliográfica que realizan González-Gómez y García-Rubio (2008), se incluyen las aportaciones más representativas atendiendo al país, años del estudio, número de observaciones, etapas del ciclo del agua, propiedad pública o privada, etc. Si se seleccionan los estudios que comparten con el presente la estimación de una función de costes paramétrica, cabe destacar los correspondientes a Mann y Mikesell (1976), Clark y Stevie (1981), Hayes (1987), Kim y Clark (1988), Bhattacharyya, Parker and Raffiee (1994), Bhattacharyya *et al.* (1995), Torres y Morrison (2006) y Garcia, Moreaux y Reynaud (2007). Atendiendo a un criterio geográfico, aunque menos abundante, se identifican trabajos que hacen referencia a ámbitos distintos de los EE.UU. Este es el caso de Ford y Warford (1969), Ashton (2000, 2003) y Botasso y Conti (2009) para Reino Unido, Kim y Lee (1998) en Korea del Sur, Fabbri y Fraquelli (2000) para Italia, Sabbioni (2008) para Brasil, Garcia y Thomas (2001, 2003) en Francia, y, finalmente, Mizutani y Urakami (2001) para Japón. En este último, además, los autores facilitan una revisión bibliográfica sobre la existencia de economías de escala. Por su parte, el sector de Saneamiento y depuración se suele analizar junto con el de Abastecimiento, lo que potencialmente permite contrastar la existencia de economías de alcance. Prueba de ello son los trabajos de Hunt y Lynk (1995), Saal y Parker (2000) y Nauges y van den Berg (2007).

Tal como sintetizan González-Gómez y García-Rubio (2008:56) en lo referente a las economías de escala y de densidad, del análisis conjunto de estas aportaciones se deduce que ambas son relevantes, lo cual sugiere que un mayor tamaño e intensidad serían deseables, favoreciendo procesos de fusiones y adquisiciones (aunque hasta cierta dimensión, al poder desembocar en deseconomías). Sin embargo, este no es el caso de las economías de alcance, cuya existencia es cuestionable. Anticipando los resultados de este estudio, es interesante resaltar que las conclusiones generales obtenidas para el caso español no difieren sustancialmente en

la provisión de infraestructura básica, al observarse economías de escala y densidad significativas, pero no de alcance. Por último, en el sector de Pavimentación y alumbrado público la evidencia es relativamente escasa y no determinante. La referencia clásica de Deller, Chicoine and Walzer (1988) se circunscribe a la pavimentación de carreteras de ámbito rural, donde se identifican economías de escala y alcance en la provisión de servicios de mantenimiento de esta infraestructura. Recientemente, la mayoría de los estudios han centrado su interés en el uso de técnicas de frontera<sup>7</sup> y en la incorporación de variables representativas de la calidad en el servicio (Kirkpatrick, Parker y Zhang, 2006; Picazo-Tadeo, Sáez-Fernández y González-Gómez, 2007, 2008; Picazo-Tadeo, González-Gómez y Sáez-Fernández, 2009).

En general, el presente estudio difiere de los anteriores en dos aspectos, al asumir una función de costes en términos de “D-outputs”, provisiones físicas, y considerar que la población y la vivienda constituyen el resultado derivado de la dimensión física de los factores productivos materializados en el stock de infraestructura municipal. Desde el artículo de Bradford, Malt y Oates (1969), en la provisión de bienes públicos locales se distingue entre “D-outputs” (bienes y servicios *directamente* producidos como la provisión física de infraestructura), de los “C-outputs” (bienes y servicios prestados, percibidos de esta forma por los ciudadanos). En el primero de los casos se incluye, por ejemplo, los depósitos de agua, la longitud de las conducciones y de la red de distribución, etc., y en el segundo los servicios ofertados por la “industria del agua o por la gestión de su servicio”. C-outputs es funcionalmente dependiente de D-outputs y de factores ambientales que puedan influir en el servicio público (Ross y Burkhead, 1974). Como extensión directa de este planteamiento, resulta adecuado preguntarse cuál es el destino del stock de infraestructura municipal; es decir, quienes son los destinatarios finales de todas estas inversiones públicas. Desde la perspectiva operativa, su justificación deriva de la línea conductora del análisis, que muestra las posibles economías de escala, densidad y alcance en la provisión de infraestructura física bajo algún “normalizador” adecuado. Este normalizador se identifica, de forma natural, con el sujeto al que se destina la provisión, que en este caso son la población y viviendas servidas, i.e. el stock de infraestructura per cápita o por vivienda. La elección de estas variables queda además justificada por ser referencia fundamental para distribuir recursos por parte de las Administraciones, sirviendo además de elemento objetivo para la racionalización de la financiación asignada mediante la Cooperación Económica Local<sup>8</sup>.

En la introducción de uno de los textos de referencia sobre provisión pública y comportamiento (Blank y Knox Lovell, 2000: 13), se plantea el problema de la restricción de datos como una seria dificultad para valorar el rendimiento de las unidades de gestión del sector público, sintetizada en tres aspectos: la medición del producto, la determinación de su precio y la calidad. Respecto al producto, si se considera como *output* final de la provisión a la educación, la salud, la seguridad,..., el problema se considera de difícil solución por la dificultad de medición. Es necesario considerar variables intermedias (estudiantes, pacientes, arrestos,...), para que el problema sea abordable. Respecto a la calidad, la elección de C-outputs frente a D-outputs aumenta el problema de la estimación de la productividad y de la eficiencia ante la dificultad de incluir las variaciones de calidad –véase la bibliografía citada anteriormente.

La distinción entre *D-outputs* y *C-outputs* no es solamente una cuestión semántica. Tal como indican Blank y Knox Lovell (2000), el problema de los datos persistirá en el futuro previsible. En aplicaciones, de hecho existe una mezcla de *inputs* y *outputs* en términos físicos, monetarios, producciones intermedias y finales, provisiones, que se utilizan bajo una estructura analítica concreta con el fin de explicar variaciones en el rendimiento observado y en el entorno, exógeno, en que se desarrolla la actividad de la unidad de decisión. Esta mezcla de *outputs* en estudios sobre el comportamiento del sector público puede observarse a lo largo de la literatura. En el campo de seguridad pública, Cherchye, De Borger y Puyenbroeck (2006) desarrollan un modelo no paramétrico de producción de seguridad pública local basado en *C-outputs* (servicios): accidentes de tráfico y diversos tipos de delito (*D-outputs* –infraestructura– serían el número de policías, coches-patrulla, comisarías o cuarteles, etc.). En este mismo sector, van Tulder (2000) realiza una revisión de la literatura basada en *D-outputs* para analizar la estructura de producción de la policía holandesa por municipios, con especial atención a las economías de escala. Aida *et al.* (1998) utilizan como output el volumen de agua facturada para evaluar la eficiencia de las entidades, ciudades, oferentes de agua en la región de Kanto y como *inputs*, de nuevo una mezcla de valores físicos y monetarios. Puede apreciarse por tanto la complejidad del fenómeno estudiado, así como de identificación y selección de las variables cuando el análisis se refiere al sector público.

Desde la perspectiva del comportamiento óptimo de los agentes, en la que se sustenta el conjunto de la bibliografía citada relativa al análisis tradicional de la prestación de servicios, el objetivo lo constituye la minimización del coste de producción de un servicio, lo cual implica el uso eficiente de los factores productivos mediante su combinación óptima (el cual queda incorporado econométricamente en el sistema de ecuaciones de demanda de factores). De forma equivalente, en este estudio se propone como marco teórico de referencia la minimización del coste de provisión de infraestructura básica necesaria para prestar los servicios mencionados a la población y las viviendas, también mediante la combinación óptima de factores productivos –que en este caso se corresponden con las distintas variables de infraestructura física–<sup>9</sup>. Si en el marco tradicional el coste incurrido permite producir unidades físicas del servicio al mínimo coste –siendo ambas variables flujo, en el contexto de *D-outputs* del presente estudio el coste es un stock que permite “producir” también un stock de unidades físicas servidas (la población y las viviendas). La novedad del planteamiento no reside en el desarrollo de un marco teórico nuevo, sino en su extensión al análisis de la provisión de stock de infraestructura necesaria (*D-outputs*), para el posterior suministro del servicio (*C-outputs*), y la hipótesis de que en esta provisión puede anticiparse la existencia de ineficiencias asignativas –costes medios de provisión excesivos–, como consecuencia de un tamaño municipal subóptimo.

Los estudios mencionados anteriormente se han preocupado del análisis de la producción del servicio (*C-outputs*), pero omiten, sobre todo en el ámbito rural –y con frecuencia en el urbano– que el stock de capital necesario para suministrar el servicio es fruto de inversiones acumuladas municipales, dando origen a un stock de titularidad pública. El interés del presente estudio reside, precisamente, en la novedad que implica analizar la racionalidad económica en términos de ahorro de costes, de stock, en la provisión de infraestructura físi-

ca, frente a la abundancia de aplicaciones en la gestión del servicio. La consecución de este objetivo enmarca el análisis en la literatura relativa a los *D-outputs* y exige incorporar la población y la vivienda como elementos respecto a los cuales determinar la escala óptima municipal.

Desde esta perspectiva, basamos el estudio en la información física recogida en la Encuesta de Infraestructura y Equipamientos Locales, EIEL, que tratamos en una forma transversal con el propósito de medir su variación entre municipios. Una vez valorado el stock de acuerdo a la Base de Precios Paramétricos, BPP, y mediante la reinterpretación teórica de la minimización de costes mencionada, es posible abordar diversos aspectos relativos a las economías de escala, densidad y alcance, al objeto de medir los efectos que sobre el coste de provisión de infraestructura tienen diversas variables relativas al diseño de la provisión en cada municipio, tales como núcleos de población y densidad de población o vivienda. Este enfoque aísla el hecho, puesto de manifiesto en la literatura, de que la composición de la población puede afectar el coste de provisión del servicio (Schwab y Oates, 1991).

### 3. Economías de escala, densidad y alcance

#### 3.1. La función de costes translog

La determinación de las economías de escala, densidad y alcance, así como del tamaño óptimo municipal que minimiza el coste medio de provisión en los tres sectores considerados: Abastecimiento de agua, Saneamiento y depuración, y Pavimentación y alumbrado, se realiza asumiendo que la tecnología de producción queda representada mediante una función de costes translog. Esta función, introducida por Christensen, Jorgenson y Lau (1971, 1973), presenta suficiente flexibilidad como para poder estimar las características de la tecnología y las economías mencionadas<sup>10</sup>. Para cada uno de los tres sectores analizados, la especificación de la función considera como regresando el coste de provisión de infraestructura municipal valorado a los precios de provisión,  $C$ , y como regresores la población y viviendas servidas,  $Y_1$  e  $Y_2$ , el precio de las variables de producción constituyentes de la provisión,  $P_i$ , y las características relativas a la densidad del municipio –distribución de la población y vivienda en su superficie,  $Z_k$ .

Aunque la población y número de viviendas en dos municipios sea la misma, muchos son los factores que pueden traducirse en un coste diferente y que tienen reflejo ya sea en la diversidad municipal de los precios de provisión –p.e. la dureza del suelo en la apertura de zanjas, la distancia a la capital de provincia o área comercial de referencia, *proxy* de los costes de transporte–, o en variables relativas a las características de densidad del municipio. Entre estas últimas destacan las características urbanas del municipio, lo que hace necesario controlar por el número de núcleos, la densidad de población y vivienda y la extensión de la red de infraestructuras. Todas estas factores originan diversas dotaciones de infraestructura municipal ó *stock de provisión*, cuyo valor final puede diferir entre municipios de acuerdo a esta diversidad de elementos físicos, legales, institucionales, de comportamiento histórico,



etc. y que, no obstante su presencia, el modelo es capaz de representar dada la significatividad estadística de las variables explicativas que definen la función de costes.

Considerando las variables objetivo de provisión relativas a población y vivienda,  $Y_g$ , los precios de las variables de provisión,  $P_i$ , y las variables representativas del territorio y su densidad,  $Z_k$ , la función de costes translog  $C$  queda especificada en términos logarítmicos de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} \ln C = & \alpha_0 + \sum_{g=1}^Y \alpha_g \ln Y_g + \sum_{i=1}^P \beta_i \ln P_i + \sum_{k=1}^Z \delta_k \ln Z_k + \\ & + \frac{1}{2} \left[ \sum_{g=1}^Y \sum_{h=1}^Y \alpha_{gh} \ln Y_g \ln Y_h + \sum_{i=1}^P \sum_{j=1}^P \beta_{ij} \ln P_i \ln P_j + \sum_{k=1}^Z \sum_{l=1}^Z \delta_{kl} \ln Z_k \ln Z_l \right] + \\ & + \sum_{g=1}^Y \sum_{i=1}^P \varphi_{gi} \ln Y_g \ln P_i + \sum_{g=1}^Y \sum_{k=1}^Z \theta_{gk} \ln Y_g \ln Z_k + \sum_{i=1}^P \sum_{k=1}^Z \omega_{ik} \ln P_i \ln Z_k \end{aligned} \quad (1)$$

Al objeto de que cumpla con las condiciones de regularidad relativas a la homogeneidad de grado uno en precios, es necesario que se verifiquen las siguientes restricciones:

$$\sum_{i=1}^P \beta_i = 1; \quad \sum_{i=1}^P \beta_{ij} = 0, \quad j = 1, \dots, P; \quad \sum_{i=1}^P \varphi_{gi} = 0, \quad g = 1, \dots, Y; \quad \sum_{i=1}^P \omega_{ik} = 0, \quad k = 1, \dots, Z \quad (2)$$

mientras que las restricciones de simetría para los efectos cruzados se corresponden con:

$$\alpha_{gh} = \alpha_{hg}, \quad g, h = 1, \dots, Y; \quad \beta_{ij} = \beta_{ji}, \quad j, i = 1, \dots, P; \quad \delta_{kl} = \delta_{lk}, \quad k, l = 1, \dots, Z \quad (3)$$

Considerando la información adicional que proporciona el lema de Shephard respecto a la demanda óptima de factores que minimiza el coste de provisión:

$$\frac{\partial \ln C}{\partial \ln P_i} = \frac{\partial C}{\partial P_i (P_i / C)} = \frac{P_i X_i}{C} = S_i \quad (4)$$

donde  $X_i$  y  $S_i$  son, respectivamente, la cantidad física del stock de provisión y la proporción que representa el gasto en el factor  $i$  sobre el coste total. El conjunto de ecuaciones de demanda de factores que se obtiene es:

$$S_i = \beta_i + \sum_{j=1}^P \beta_{ij} \ln P_j + \sum_{g=1}^Y \varphi_{gi} \ln Y_g + \sum_{k=1}^Z \omega_{ik} \ln Z_k, \quad i = 1, \dots, P \quad (5)$$

El sistema de ecuaciones formado por la función de costes (1) y de demanda de factores (5) puede ser estimado recurriendo a técnicas de máxima verosimilitud, o su equivalente por medio del sistema de ecuaciones aparentemente no relacionadas *SURE* (Zellner, 1962). Dado que la matriz de varianzas y covarianzas resultado del proceso de estimación sería singular, es posible prescindir de una de las ecuaciones de demanda normalizando las variables del sistema por uno de los precios de los factores de provisión<sup>11</sup>. Finalmente, se sigue el procedimiento habitual de expresar las variables respecto a su media geométrica, lo que permite interpretar los coeficientes obtenidos como las elasticidades en el punto medio de la muestra.

### 3.2. Definición de las economías de escala, densidad y alcance

Culminado el proceso de estimación de la función de costes es posible indagar sobre la existencia y magnitud de las economías de escala, densidad y alcance. La definición específica que realizamos de las primeras permite determinar la cuestión fundamental relativa al tamaño óptimo municipal, e informa de la variación que se produce en el coste de provisión ante variaciones en igual proporción en las variables de provisión,  $Y_g$ , relativas a la cuantía de población ( $Y_1$ ) o vivienda ( $Y_2$ ),  $g = 1, 2$ :

$$\begin{aligned}
 EE &= 1 / \sum_{g=1}^Y \frac{\partial \ln C}{\partial \ln Y_g} = \\
 &= 1 / \left[ \sum_{g=1}^Y \alpha_g + \frac{1}{2} \sum_{g=1}^Y \sum_{h=1}^{g-1} \alpha_{gh} \ln Y_h + \sum_{g=1}^Y \alpha_{gg} \ln Y_g + \frac{1}{2} \sum_{g=1}^Y \sum_{h=1}^{g+1} \alpha_{gh} \ln Y_h + \right. \\
 &\quad \left. + \sum_{g=1}^Y \sum_{i=1}^P \varphi_{gi} \ln P_i + \sum_{g=1}^Y \sum_{k=1}^Z \theta_{gk} \ln Z_k \right] \quad (6)
 \end{aligned}$$

de forma que si el valor es superior, igual o inferior a la unidad se observan economías crecientes, constantes y decrecientes (deseconomías) a escala. En concreto, de existir economías de escala, esto implicaría que un único municipio de igual tamaño que la suma de dos individuales vería sus costes de provisión reducidos en la cuantía obtenida. Así, por ejemplo, dadas unas características municipales relativas a su densidad de población, viviendas y núcleos,  $Z_k$ , las ventajas asociadas a alcanzar con igual provisión (por ejemplo metros lineales de red de distribución, alcantarillado,...) a un mayor número de habitantes y viviendas se traducen en un menor coste.

Definimos a continuación las economías de densidad como la inversa de la variación que acontece en el coste cuando se alteran las variables representativas de la densidad relativa de la población y la vivienda en la extensión del municipio,  $Z_k$ ,  $k = 1, 2$ , reflejadas en este caso por el número de núcleos donde se asienta la población en un municipio,  $Z_1$ <sup>12</sup>, y el número de viviendas por hectárea de superficie urbana (sectores S1 y S3) y el número de habitantes por hectárea de superficie urbana (sector S2),  $Z_2$ .<sup>13</sup>

$$\begin{aligned}
ED &= 1 / \sum_{g=1}^Y \frac{\partial \ln C}{\partial \ln Z} = \\
&= 1 / \left[ \sum_{k=1}^Z \delta_k + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^Z \sum_{l=1}^{l-1} \delta_{kl} \ln Z_l + \sum_{k=1}^Z \delta_{kk} \ln Z_k + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^Z \sum_{l=1}^{l+1} \delta_{kl} \ln Z_l + \right. \\
&\quad \left. + \sum_{g=1}^Y \sum_{k=1}^Z \theta_{gk} \ln Y_g + \sum_{i=1}^P \sum_{k=1}^Z \omega_{ik} \ln P_i \right] \quad (7)
\end{aligned}$$

Si un incremento en la densidad de provisión trae consigo una reducción en el coste, (7) será negativo, existiendo economías de densidad, mientras que si el coste se incrementase presentaría un valor positivo, y se descartaría su existencia (existirían deseconomías de densidad o congestión). En el primer caso, valores negativos inferiores a  $-1$  serían indicativos de economías de densidad decrecientes (aumentar la densidad reduce el coste en menor proporción), mientras que si es igual o mayor a  $-1$  se observan economías constantes o crecientes (aumentar la densidad reduce el coste en mayor proporción). Por tanto, de existir economías de densidad, la *reducción* del número de núcleos y el *incremento* en el número de habitantes o viviendas por hectárea de superficie urbana (por ejemplo mediante la reducción de viviendas unifamiliares y el aumento de edificios en altura con múltiples viviendas), reduciría el coste de provisión de infraestructura en la cuantía establecida<sup>14</sup>. Así, (7) establece cómo la provisión conjunta de infraestructuras a población y vivienda implica menor coste cuando su densidad sobre el territorio es mayor; por ejemplo, concentrándose en zonas urbanas con edificios en altura, frente a zonas rurales con viviendas unifamiliares y dispersas en diversos núcleos.

Finalmente, es posible determinar las economías de alcance partiendo del efecto conjunto (cruzado) de la población y las viviendas existentes en el municipio. Una función de costes multi-producto presenta economías de alcance si es estrictamente subaditiva (Panzar y Willig, 1981), *i.e.*

$$EA = \frac{\partial^2 C}{\partial Y_g \partial Y_h} = \alpha_g \alpha_h + \alpha_{gh} < 0, \quad g \neq h, \quad g, h = 1, \dots, Y \quad (8)$$

Si un municipio presenta economías de alcance, esto implica que la provisión conjunta de infraestructuras en la combinación concreta de población y vivienda que existan en él conlleva un menor coste de provisión respecto a otros municipios cuyas características no exhiban esa subaditividad.

Nosotros asumimos la no posibilidad de provisión individual a población y vivienda. Esto supone que, en el caso límite, en municipios donde se provea infraestructura a una única de estas dimensiones –como sería el caso, por ejemplo, de municipios con elevada población por vivienda, donde podría existir una sobreprovisión derivada de la búsqueda del voto por el responsable político, o de municipios despoblados donde la provisión solamente llega, en términos relativos, a viviendas desocupadas–, las ventajas en coste que reportan las economías de alcance se pierden –*i.e.* las ventajas de alcanzar de forma conjunta y equilibrada tanto a la población como a

las viviendas por medio de iguales factores desaparecen (p.e. metros lineales de red de distribución, de alcantarillado,...). Como resultado obvio, de existir economías de alcance no tendría sentido proveer infraestructura de forma especializada (individual) a habitantes o viviendas; situación que se corresponde con la casuística apuntada de municipios fuertemente despoblados donde la provisión únicamente llega a viviendas. En este caso, el sobrecoste daría cuenta de la existencia de economías de alcance –i.e. en el límite, al no haber población a la que servir, la propia existencia del stock de infraestructura podría cuestionarse por absurda, situación que resulta desoladora en el caso de los pueblos abandonados, Llamazares (1988).

### 3.3. El tamaño óptimo municipal

El objetivo final de todo el desarrollo previo es la determinación del tamaño óptimo municipal para el cual las economías de escala, densidad y alcance desaparecen. Tal como se expone en el epígrafe de resultados, la existencia y evolución de estas economías puede determinarse no sólo para el conjunto de los municipios observados, sino también para diversos rangos de las variables objeto de provisión, población y vivienda, dividiendo de forma repetida la muestra por estratos. No obstante, es posible establecer con precisión el tamaño óptimo del municipio para la totalidad de la muestra determinando la cuantía para la cuál la función de coste medio alcanza su mínimo. En esta sección seguimos, fundamentalmente, la propuesta de Mizutani y Urakami (2001) para determinar la escala óptima de producción (provisión) que minimiza el coste medio, generalizándola al caso de  $g$  productos (variables de provisión). Siendo  $Y_g$  la cuantía de población ( $Y_1$ ) o vivienda ( $Y_2$ ), es posible obtener la función de coste medio tomando antilogaritmos de (1) y dividiendo por  $Y_g$ :

$$\begin{aligned}
 \text{CMd}_g &= C / Y_g = (1 / Y_g) \cdot \exp(\ln C) = \\
 &= (1 / Y_g) \cdot \exp \left[ \alpha_0 + \sum_{g=1}^Y \alpha_g \ln Y_g + \sum_{i=1}^P \beta_i \ln P_i + \sum_{k=1}^Z \delta_k \ln Z_k + \right. \\
 &+ \frac{1}{2} \left[ \sum_{g=1}^Y \sum_{h=1}^Y \alpha_{gh} \ln Y_g \ln Y_h + \sum_{i=1}^P \sum_{j=1}^P \beta_{ij} \ln P_i \ln P_j + \sum_{k=1}^Z \sum_{l=1}^Z \delta_{kl} \ln Z_k \ln Z_l \right] + \\
 &\left. + \sum_{g=1}^Y \sum_{i=1}^P \varphi_{gi} \ln Y_g \ln P_i + \sum_{g=1}^Y \sum_{k=1}^Z \theta_{gk} \ln Y_g \ln Z_k + \sum_{i=1}^P \sum_{k=1}^Z \omega_{ik} \ln P_i \ln Z_k \right], \quad g = 1, 2
 \end{aligned} \tag{9}$$

Diferenciando esta función respecto a cualquiera de las variables objeto de provisión  $Y_g$  e igualando su expresión a cero se obtiene<sup>15</sup>:

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial \text{CMd}}{\partial Y_g} &= \frac{\partial (C / Y_g)}{\partial Y_g} = (1 / Y_g^2) \cdot \left[ \exp(\ln C) \cdot \left[ \alpha_g + \alpha_{gg} \ln Y_g + \frac{1}{2} \sum_{h=1}^Y \alpha_{gh} \ln Y_h + \right. \right. \\
 &\left. \left. + \sum_{i=1}^P \varphi_{gi} \ln P_i + \sum_{k=1}^Z \theta_{gk} \ln Z_k \right] - \exp(\ln C) \right] = 0, \quad g = 1, 2
 \end{aligned} \tag{10}$$

Dado que  $Y_g \neq 0$  y  $\exp(\ln C) \neq 0$ , el mínimo de la función de coste medio para cada variable de provisión exige que se observe la siguiente igualdad:

$$\alpha_g + \alpha_{gg} \ln Y_g + \frac{1}{2} \sum_{h=1}^Y \alpha_{gh} \ln Y_h + \sum_{i=1}^P \phi_{gi} \ln P_i + \sum_{k=1}^Z \theta_{gk} \ln Z_k - 1 = 0, \quad g = 1, 2 \quad (11)$$

Ecuaciones que quedan simplificadas si se asume que las variables  $Y_g$  respecto a las cuales no se está minimizando el coste medio  $Y_h$ ,  $h \neq g$ , los precios de la infraestructura y equipamiento,  $P_i$  y las variables relativas a la densidad,  $Z_k$ , se encuentran referenciadas respecto a la media geométrica; de forma que, finalmente, se obtiene:

$$\alpha_g + \alpha_{gg} \ln Y_g - 1 = 0, \quad g = 1, 2 \quad (12)$$

La resolución individual de la ecuación (12) para cada una de las variables  $Y_g$  determinaría el valor óptimo en esa dimensión, independientemente del resto  $Y_h$ . Ahora bien, si el objetivo es determinar el mínimo de la función de coste medio para el conjunto de variables de provisión –en nuestro caso las cuantías óptimas de población ( $Y_1$ ) y vivienda ( $Y_2$ )–, entonces no es posible asumir su constancia recíproca, siendo necesario resolver el sistema de ecuaciones que plantean de forma conjunta:

$$\alpha_g + \alpha_{gg} \ln Y_g + \frac{1}{2} \sum_{h=1}^Y \alpha_{gh} \ln Y_h - 1 = 0, \quad g = 1, 2 \quad (13)$$

En el análisis empírico, y una vez estimados los parámetros correspondientes, se hará uso del sistema de ecuaciones (13) para determinar la cuantía óptima conjunta de población y vivienda.

#### 4. Bases de datos: EIEL y precios paramétricos

Las variables físicas utilizadas en el modelo se obtienen de la Encuesta de Infraestructura y Equipamientos Locales, EIEL, del año 2000. Creada y liderada por el ministerio para las Administraciones Públicas, MAP, y elaborada por las Diputaciones, los Consejos o los Cabildos Insulares, constituye un inventario tanto de la cuantía de las provisiones físicas municipales como de su estado. La Encuesta-Inventario es objeto de actualizaciones y revisiones por el MAP, MAP (2006) y objeto de jornadas informativas organizadas por la Federación Española de Municipios y Provincias con su colaboración, así como de explotaciones provinciales y autonómicas, siendo pioneros para Castilla y León Beltrán, Mayo y Parra (1996). Su trascendencia viene dada por el papel relevante que le otorgan los Reales Decretos 835/2003 y 1263/2005, como instrumento objetivo básico de análisis y valoración de las necesidades de dotaciones de las EE.LL. para la elaboración de los Planes Provinciales de Cooperación a las Obras de carácter municipal. Estos Reales Decretos regulan la Cooperación Económica del Estado a las inversiones de las Entidades Locales.

Para el presente estudio se ha elaborado una base de datos que recoge el precio de las variables físicas de provisión definidas técnicamente mediante la EIEL, haciendo uso del concepto de familia paramétrica. Según esta metodología, el precio unitario de cada factor se obtiene de sus especificaciones constructivas, ingenieriles –características técnicas y condiciones de utilización–, incorporando todos aquellos elementos que son susceptibles de participar en cada una de las tareas representativas a ejecutar en una unidad de provisión o “Unidad de Obra”. Los precios de estos elementos se obtienen de las bases de precios para la planificación de inversiones en sus Planes Provinciales de ayuda a municipios, bajo la opinión de expertos en obra civil que prestan sus servicios, casi en exclusividad, en las Diputaciones provinciales en 2003-2004.

Para cada una de las tareas que necesita una unidad de obra, se consideran los siguientes componentes: coste horario de la mano de obra por categorías<sup>16</sup>; materiales y maquinaria por tipo; unidades sin descomposición de tareas (tubería, acometidas de distribución de agua y de alcantarillado, pozo de registro, boca de riego, arqueta, válvula de compuerta, hidrante, sumidero, etc.); unidades descompuestas auxiliares (zahorra, mortero, hormigón, bordillo, recrecida de posos, aglomerado en frío, rotura de pavimento, excavación, relleno de zanjas, impermeabilización, etc.)<sup>17</sup>. La tabla 1 muestra un ejemplo para la Red de distribución de agua.

Cada una de las tareas de cada unidad de provisión se pondera por variables geoestructurales: litología/geología, altitud, y distancia a la capital o al centro del área comercial lo que, conjuntamente, permite graduar los precios de provisión municipal según sus características específicas. Estos ponderadores son de uso común en estudios sobre provisión de servicios, Coelli y Walding (2005) para la oferta de agua, Rubiera (2007) en estudios territoriales referidos a lugares centrales y su jerarquía, Deller, Chicoine and Walzer (1988) para carreteras rurales, y que, como en este estudio, obtienen, parcialmente, el precio de los factores mediante costes ingenieriles. El ponderador litología/geología permite determinar la dificultad de ejecución de una obra según el Mapa Geológico y Minero de Castilla y León, SIEMCALSA (1997). Una vez obtenida la base litológica, se clasifican los municipios según una escala de dificultad superponiéndolo con la geología del Atlas Digital de Comarcas de Suelos del Sistema Español de Información de Suelos SEISnet: [www.microleis.com/](http://www.microleis.com/). El resultado ha sido de trece tipos litológicos y seis niveles de dificultad. En cuanto a la altitud, cuatro niveles, referida al núcleo más alto del municipio. En cuanto a la distancia a la capital, la fuente es el Nomenclátor de 1993, Instituto Nacional de Estadística, y las distancias al centro del área comercial se han calculado utilizando la base de datos del Centro Nacional de Investigación Geográfica, CNIG (2001) y el Anuario Comercial de España de “La Caixa”, <http://www.anuarieco.lacaixa.comunicacions.com/>

El coste de provisión es aproximado por el stock de infraestructura, que es resultado de valorar el stock físico existente reflejado por los datos de la EIEL a los precios recogidos en la Base de Precios Paramétrica. Se considera el concepto de capital bruto (riqueza) como valor de mercado de los activos, y se asume para la infraestructura el valor de adquisición de la tecnología de mejor práctica técnica actual. Este concepto no incluye pues la depreciación

**Tabla 1**  
**PRECIO DE LAS TAREAS PARA LA OBRA RED DE DISTRIBUCIÓN (EUROS)**

<b>Obra</b>	<b>Tarea</b>	<b>Ud.</b>	<b>N. Ud.</b>	<b>Largo</b>	<b>Ancho</b>	<b>Alto</b>	<b>Peso</b>	<b>Precio</b>	<b>Total</b>	
Red de distribución. Conjunto de tuberías que reparten agua a los usuarios (incluidas las acometidas). EIEL-2000	Rotura de pavimento	m <sup>2</sup>	1	0,50	0,70		0,35	3,70	1,30	
	Excavación en zanjas	m <sup>3</sup>	1	1	0,65	1	0,65	7,94	5,16	
	Arena o material	m <sup>3</sup>	1	1	0,60	0,10	0,06	11,00	0,66	
	Tubería de PVC junta	m	1	1			1	13,57	13,57	
	Arqueta para red de	ud	0,033	1			0,033	246,41	8,13	
	Válvula de compuerta	ud	0,033	1			0,033	155,31	5,13	
	Boca de riego	ud	0,02	1			0,02	126,21	2,52	
	Acometida domiciliaria	ud	0,10	1			0,10	75,13	7,51	
	Relleno de zanjas	m <sup>3</sup>	1	1	0,65	0,90	0,59	0,85	0,50	
	Hormigón HM/25N/	m <sup>2</sup>	1	1	0,35		0,35	107,08	37,48	
	Hidrante	ud	0,001	1			0,001	1.800,00	1,80	
	Total precio unitario de tareas									83,36

*Fuente:* elaboración propia.

sufrida por el stock de infraestructura existente (stock de capital neto) dada la ausencia de información relativa al año en que se construyó y que permitiría aplicar funciones de depreciación –para una discusión metodológica de los conceptos de capital bruto, neto y productivo desde una perspectiva aplicada, véase Mas, Pérez y Uriel (2005, 2007).

Tal como se ha comentado en el segundo epígrafe, la población vinculada y la vivienda (outputs) constituyen el resultado derivado de la dimensión física del stock de infraestructura municipal; ambas recogidas en el Censo de Población y Viviendas 2001. Como manifiesta el INE, este concepto de población se crea para conseguir una mejor estimación de la carga real de población que debe soportar el municipio, mejorando la información que proporciona la población de hecho. Se define como el conjunto de personas censables que tienen algún tipo de vinculación habitual con el municipio, ya sea porque residen y además trabajan, estudian o tienen una segunda vivienda (población vinculada residente); ya sea porque no residen y además, trabajan, estudian o tienen una segunda vivienda (población vinculada no residente).

El número de municipios considerados en cada una de las estimaciones de las funciones de costes de los tres sectores de provisión, así como los principales estadísticos descriptivos relativos a las variables consideradas, se muestran en la tabla 2. Respecto al número de municipios, 2.248 en Castilla y León, se puede apreciar que la pérdida de observaciones por motivo de ausencia de datos, respecto a los 2.238 contemplados en la EIEL (excluidos de los 2.248 existentes los 10 mayores de 50.000 hab.), afecta de forma marginal al Abastecimiento de agua (S1) y a la Pavimentación y alumbrado (S3), mientras que implica prescindir de 943 municipios en Saneamiento y depuración (S2) debido a la ausencia de sistemas para tratar sus aguas residuales<sup>18</sup>.

**Tabla 2**  
**ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DE LOS SECTORES DE PROVISIÓN**  
**DE INFRAESTRUCTURA BÁSICA**

<b>S1. Abastecimiento de agua (n=2.197)</b>				
<b>VARIABLES</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación típica</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
$C_i$ - Coste (Stock) (miles €)	860.684,6	1.329.654,4	36.493,0	22.207.207,4
$Y_1$ - Población (n.º)	910,4	2.397,4	22	50.031,0
$Y_2$ - Viviendas (n.º)	422,0	1.004,1	10,0	1.9714,0
$P_1$ - Conducciones (€/m)	23,8	3,7	21,6	32,5
$P_2$ - Red de distribución (€/m)	86,4	4,2	82,5	99,6
$P_3$ - Depósitos (€/m <sup>3</sup> )	430,8	10,5	382,8	450,0
$Z_1$ - Núcleos urbanos (n.º)	2,6	3,5	1,0	47,0
$Z_2$ - Densidad (Viviendas/ha)	18,4	11,5	0,5	119,7
$S_1^*$ - Conducciones	0,145	0,138	0,0003	0,803
$S_2^*$ - Red de distribución	0,678	0,174	0,022	0,975
$S_3^*$ - Capacidad de depósitos	0,177	0,116	0,005	0,960



**Tabla 2 (continuación)**  
**ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DE LOS SECTORES DE PROVISIÓN**  
**DE INFRAESTRUCTURA BÁSICA**

<b>S2. Saneamiento y depuración (n=1.259)</b>				
<b>Variables</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación típica</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
$C_i$ - Coste (Stock) (miles €)	1.032.309,0	1.362.368,0	57.781,4	5.400.000,0
$Y_1$ - Población (n.º)	965,8	2.279,6	22,0	36.808,0
$Y_2$ - Viviendas (n.º)	443,1	947,9	14,0	14.028,0
$P_1$ - Alcantarillado (€/m)	83,4	4,8	78,5	101,1
$P_2$ - Emisarios (€/m)	69,0	4,1	66,5	9,8
$P_3$ - Caudal tratado (€/m <sup>3</sup> )	8,8	1,1	3,8	11,0
$Z_1$ - Núcleos urbanos (n.º)	2,9	3,4	1,0	34,0
$Z_2$ - Densidad (Población/ha)	33,0	15,2	2,0	134,5
$S_1^*$ - Red de alcantarillado	0,594	0,143	0,049	0,985
$S_2^*$ - Emisarios	0,083	0,073	0,0004	0,591
$S_3^*$ - Caudal tratado	0,323	0,153	0,0003	0,916
<b>S3. Pavimentación y alumbrado (n=1.931)</b>				
<b>Variables</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación típica</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
$C_i$ - Coste (Stock) (€)	1.500.912,0	1.620.865,0	76.499,8	18.300.000,0
$Y_1$ - Población (nº)	681,5	1.124,2	41,0	16.003,0
$Y_2$ - Viviendas (nº)	325,4	482,9	18,0	6.614,0
$P_1$ - Pavimentación(1) (€/m <sup>2</sup> )	27,9	3,5	12,4	37,1
$P_2$ - Alumbrado (€/punto)	507,3	40,4	365,2	540,9
$Z_1$ - Núcleos urbanos (nº)	2,6	4,5	1,0	126,0
$Z_2$ - Densidad (Viviendas/ha.)	17,8	9,1	0,5	81,7
$S_1^*$ - Pavimentación	0,945	0,022	0,792	0,989
$S_2^*$ - Alumbrado	0,055	0,022	0,010	0,208

(1) Superficie viaria municipal pavimentada y no pavimentada (calles, plazas y travesías).

\* S#: Participación del factor de provisión en el coste.

ha: superficie urbana

Fuente: elaboración propia. EIEL-2000 y Bases de precios.

Respecto al coste, puede apreciarse como el tercer sector de pavimentación y alumbrado público representa, en términos medios, el mayor stock de capital en infraestructura con un valor de 1.500.912 € por municipio. Con relación a los precios de las ocho variables de provisión destacan como los de mayor valor la instalación de alumbrado con 507,3 € por punto de luz y los 430,8 € que conlleva instalar un metro cúbico de depósitos de agua. Por el contrario el precio unitario más reducido, en media, se corresponde con los 8,8 € que cuesta tratar un m<sup>3</sup> de agua y los 23,8 € que implica proveer un metro lineal de red de conducciones de agua potable.

Respecto a las variables relativas a la densidad, el número de núcleos por municipios se sitúa entre 2,6 y 2,9, mientras que la media de la población vinculada por hectárea está en

torno a los 33 habitantes, y el número de viviendas en torno a 18. Finalmente, por sectores, puede apreciarse que en el total del stock en S1, la red de distribución representa en media una proporción del 67,8%, seguido de los depósitos y las conducciones que tienen una participación del 17,7% y 14,5%, respectivamente. Respecto al sector S2 es la red de alcantariado la de mayor peso en el stock, 59,4%; mientras que en S3 la provisión que conlleva mayor coste es la pavimentación con el 94,5%. Estas participaciones constituyen la información relevante para el sistema de ecuaciones de demanda de factores (5), a estimar conjuntamente con la función de costes translog (1).

Por último, el conjunto de datos para el análisis se encuentra condicionado por el proceso de recogida de información de la EIEL. Corresponde a las diputaciones la elaboración de la EIEL y al MAP su validación. El proceso de toma de datos no tiene una fecha fija de calendario, ni es simultánea para todas las diputaciones. Su cumplimentación en los municipios, en un proceso continuo, puede abarcar un período de dos a tres años alrededor del año de referencia: EIEL-2000; validándola el MAP al final del período comentado –en la actualidad el proceso de recogida de información es continuo. Por ello, los precios están referidos a 2003 y los datos de población y vivienda se obtienen del Censo de Población y Viviendas con referencia a 1 de noviembre de 2001. Esta estadística es exhaustiva y ofrece como concepto nuevo la población vinculada al municipio. Debido a la naturaleza de las variables que utilizamos –stock de infraestructura, población vinculada, número de viviendas y precios ingenieriles, cuya variación no es cíclica ni estacional–, consideramos que el problema (irresoluble) de la concordancia de algunos datos en una misma fecha de calendario no afecta a las estimaciones.

## **5. Magnitud y significatividad de las economías de escala, densidad y alcance**

### **5.1. Resultados de la estimación de las funciones de coste**

La estimación del sistema de ecuaciones, representado por las funciones de costes (1), asociadas a los tres sectores de provisión y sus respectivas ecuaciones de demanda de factores (5), mediante el método SURE, sistema ecuaciones aparentemente no relacionadas, da como resultado los coeficientes presentados en la tabla 3. Puesto que se ha tomado como punto de expansión de (1) la media de la muestra y el coste total y sus variables explicativas están en logaritmos, los coeficientes de primer orden estimados se pueden interpretar como elasticidades de costes evaluadas en el punto medio. En general la bondad del ajuste realizado es elevada atendiendo tanto a los contrastes de significación conjunta de los parámetros,  $F$ , como al coeficiente de determinación  $R^2$ . Asimismo, el conjunto de parámetros de primer orden presenta el signo esperado y son estadísticamente significativos. Con relación a las elasticidades de la población ( $Y_1$ ) y vivienda ( $Y_2$ ) en cada uno de los sectores, es interesante comprobar que sus valores, menores que uno, implican un incremento en los costes inferiores al de ambas variables de provisión: un incremento de 1% en población y vivienda supone un incremento en el stock de infraestructura inferior al 1%, anticipando la existencia de economías

as de escala. No obstante, el peso individual de cada una de ellas difiere entre sectores, al pesar la población cuatro veces más que la vivienda en el sector de Saneamiento y depuración, mientras que en Abastecimiento de agua la vivienda pesa el doble que la población.

**Tabla 3**  
**DETERMINANTES DEL COSTE EN LA PROVISIÓN DE INFRAESTRUCTURA BÁSICA**

Variables	Parámetros	S1. Abastecimiento de agua		S2. Saneamiento y depuración		S3. Pavimentación y alumbrado	
		Coefficientes	t-Student	Coefficientes	t-Student	Coefficientes	t-Student
Constante	$\alpha_0$	0,092	5,77	0,201	11,71	0,064	4,40
$\ln Y_1$	$\alpha_1$	0,206	4,21	0,602	11,41	0,307	5,61
$\ln Y_2$	$\alpha_2$	0,469	9,29	0,15	2,72	0,382	6,74
$\ln P_1$	$\beta_1$	0,136	38,13	0,579	86,23	0,943	1427,48
$\ln P_2$	$\beta_2$	0,672	137,49	0,068	18,22	0,057	86,30
$\ln P_3$	$\beta_3$	0,192	55,88	0,353	53,31	–	–
$\ln Z_1$	$\delta_1$	0,282	20,78	0,081	5,92	0,104	8,220
$\ln Z_2$	$\delta_2$	-0,100	-4,80	-0,126	-5,37	-0,295	-13,816
$(\ln Y_1)^2$	$\alpha_{11}$	0,185	1,44	0,125	1,08	0,194	0,759
$(\ln Y_2)^2$	$\alpha_{22}$	0,173	1,17	0,194	1,50	0,173	0,594
$\ln Y_1 \ln Y_2$	$\alpha_{12}$	-0,181	-1,36	-0,181	-1,56	-0,197	-0,732
$(\ln P_1)^2$	$\beta_{11}$	0,036	3,26	0,234	5,33	0,000	0,30
$(\ln P_2)^2$	$\beta_{22}$	-0,134	-4,79	0,138	6,50	0,000	0,30
$(\ln P_3)^2$	$\beta_{33}$	-0,133	-4,74	0,133	6,14	–	–
$\ln P_1 \ln P_2$	$\beta_{12}$	-0,017	-3,15	-0,12	-5,46	0,000	-0,30
$\ln P_1 \ln P_3$	$\beta_{13}$	-0,019	-3,35	-0,114	-5,14	–	–
$\ln P_2 \ln P_3$	$\beta_{23}$	0,151	5,03	-0,019	-1,43	–	–
$(\ln Z_1)^2$	$\delta_{11}$	0,137	4,96	0,146	4,49	0,046	1,79
$(\ln Z_2)^2$	$\delta_{22}$	-0,151	-6,02	-0,264	-7,56	-0,188	-7,18
$\ln Z_1 \ln Z_2$	$\delta_{12}$	-0,051	-1,28	-0,042	-0,87	-0,024	-0,57
$\ln Y_1 \ln P_1$	$\varphi_{11}$	-0,081	-7,43	-0,072	-4,98	-0,008	-2,96
$\ln Y_1 \ln P_2$	$\varphi_{12}$	0,074	5,12	-0,048	-6,41	0,008	3,23
$\ln Y_1 \ln P_3$	$\varphi_{13}$	0,007	0,72	0,12	8,32	–	–
$\ln Y_2 \ln P_1$	$\varphi_{21}$	0,032	2,73	0,037	2,41	0,005	1,78
$\ln Y_2 \ln P_2$	$\varphi_{22}$	-0,051	-3,27	0,014	1,73	-0,005	-1,95
$\ln Y_2 \ln P_3$	$\varphi_{23}$	0,019	1,77	-0,05	-3,32	–	–
$\ln Y_1 \ln Z_1$	$\theta_{11}$	0,055	1,25	-0,012	-0,25	-0,046	-0,88
$\ln Y_1 \ln Z_2$	$\theta_{12}$	-0,067	-1,20	0,248	4,34	0,085	1,16
$\ln Y_2 \ln Z_1$	$\theta_{21}$	-0,127	-2,69	-0,042	-0,82	0,012	0,21
$\ln Y_2 \ln Z_2$	$\theta_{22}$	0,146	2,46	-0,179	-2,89	-0,017	-0,22
$\ln P_1 \ln Z_1$	$\omega_{11}$	0,068	17,08	0,048	8,28	0,003	3,31
$\ln P_2 \ln Z_1$	$\omega_{21}$	-0,055	-10,28	0,034	11,61	-0,003	-3,60
$\ln P_3 \ln Z_1$	$\omega_{31}$	-0,014	-3,76	-0,081	-14,53	–	–
$\ln P_1 \ln Z_2$	$\omega_{12}$	0,027	5,22	-0,007	-0,91	-0,009	-7,67
$\ln P_2 \ln Z_2$	$\omega_{22}$	-0,038	-5,47	0,006	1,40	0,009	8,34
$\ln P_3 \ln Z_2$	$\omega_{32}$	0,011	2,22	0,002	0,23	–	–
F-test de significatividad		4.115,40		1.555,96		1.063,64	
R2		0,856		0,889		0,845	
Observaciones		2.197		1.295		1.931	

La variabilidad en las elasticidades proviene de la propia naturaleza de la provisión, y se ve condicionada por múltiples circunstancias relativas a las características medias de los municipios en los que se asienta la infraestructura. Así, por ejemplo, Saneamiento y depuración es un sector en el que la variable relativa a caudal tratado (mediante sistemas de depuración instalados) depende en mayor medida de la población, lo que hace que esta variable sea más relevante que el número de viviendas. Sin embargo, esta situación no se observa en Pavimentación y alumbrado, donde la provisión alcanza por igual a ambas variables (existiendo una ratio relativamente constante entre ambas en torno a 2 hab./viv. como puede apreciarse en la tabla 2), lo que se traduce en que ambas tengan un peso similar. Por el contrario, en Abastecimiento de agua es la vivienda la que presenta una mayor elasticidad, sugiriendo que la red capilar de distribución, asociada en mayor medida a esta variable que a la población, es el factor determinante de la evolución del coste.

Respecto a las elasticidades de los precios,  $P_i$ , estas no hacen sino replicar de forma adecuada el peso mostrado por cada variable de provisión en los costes según lo presentado en la tabla 2. Por último, resaltar que las características de la provisión,  $Z_k$ , representadas por la densidad, también presentan los signos esperados, y significativos, en los tres sectores; de forma que un incremento en el número de núcleos ( $Z_1$ ) incrementaría el coste de provisión, mientras que aumentar la densidad de viviendas o población por hectárea de superficie urbana ( $Z_2$ ) disminuiría el coste.

## 5.2. Magnitud de las economías de escala, densidad y alcance

Siguiendo las especificaciones presentadas en el tercer epígrafe, la tabla 4 muestra los valores obtenidos para las economías de escala (EE), densidad (ED) y alcance (EA) según las ecuaciones (6), (7) y (8), tanto para el conjunto de los municipios, como para diversas particiones en términos de población y vivienda. Estas particiones se han realizado considerando unos rangos de población y vivienda que permitiesen disponer de suficientes observaciones como para poder realizar las estimaciones. En el caso del sector de Saneamiento y depuración (S2), donde el número de municipios es bastante inferior al de Abastecimiento de agua (S1) y Pavimentación y alumbrado (S3), la única partición que se ha podido estimar es para municipios con población menor de 2.500 habitantes y menos de 833 viviendas, respectivamente.

**Tabla 4**  
**ECONOMÍAS DE DENSIDAD, ESCALA Y ALCANCE POR RANGOS**  
**DE POBLACIÓN Y VIVIENDA**

<b>S1. Abastecimiento de agua</b>			
<b>Rangos</b>	<b>Economías de escala (EE)</b>	<b>Economías de densidad (ED)</b>	<b>Economías de alcance (EA)</b>
<b>Total Municipios (n = 2.197)</b>	<b>1,481 (0,070)*</b>	<b>-2,618 (0,025)*</b>	<b>-0,084 (0,136)</b>
Población < 750 hab.	1,639 (0,115)*	-2,439 (0,051)*	-0,173 (0,148)
750 <= Pobl. < 1.500	1,136 (0,232)*	-2,703 (0,060)*	0,649 (0,792)
1.500 <= Pobl. < 2.500	-0,466 (2,290)	-3,125 (0,252)*	-2,543 (3,809)
Pobl. >= 2.500 hab.	5,882 (0,905)	-4,167 (0,237)	1,326 (1,397)

**Tabla 4 (continuación)**  
**ECONOMÍAS DE DENSIDAD, ESCALA Y ALCANCE POR RANGOS**  
**DE POBLACIÓN Y VIVIENDA**

<b>S1. Abastecimiento de agua</b>			
<b>Rangos</b>	<b>Economías de escala (EE)</b>	<b>Economías de densidad (ED)</b>	<b>Economías de alcance (EA)</b>
Viviendas < 250	1,467 (0,162)*	-2,041 (0,076)*	-0,247 (0,175)
250 <= Viv. < 500	1,366 (0,222)*	-2,903 (0,053)*	0,329 (0,448)
500 <= Viv. < 833	4,233 (1,107)	-2,012 (0,147)*	0,768 (1,120)
Viv. >= 833	2,098 (0,671)	-4,169 (0,146)	1,140 (1,056)
<b>S2. Saneamiento y depuración</b>			
<b>Rangos</b>	<b>Economías de escala (EE)</b>	<b>Economías de densidad (ED)</b>	<b>Economías de alcance (EA)</b>
Total Municipios (n = 1.295)	1,330 (0,076)*	-4,831 (0,027)*	-0,091 (0,121)
Población < 2.500	1,275 (0,084)*	-3,995 (0,031)*	-0,087 (0,120)
Viviendas < 833	1,202 (0,088)*	-3,985 (0,034)*	-0,052 (0,120)
<b>S3. Pavimentación y alumbrado público</b>			
<b>Rangos</b>	<b>Economías de escala (EE)</b>	<b>Economías de densidad (ED)</b>	<b>Economías de alcance (EA)</b>
Total municipios (n = 1.931)	1,452 (0,079)*	-2,506 (0,025)*	-0,080 (0,271)
Población < 750	1,504 (0,118)*	-2,795 (0,043)*	-0,135 (0,296)
750 <= Pob. < 1.500	0,606 (0,515)*	-2,449 (0,094)*	0,099 (1,125)
1.500 <= Pob. < 2.500	0,202 (3,091)	-1,716 (0,356)	3,247 (6,759)
Pob. >= 2.500	1,769 (1,876)	3,493 (0,360)	-4,924 (4,717)
Viviendas < 250	1,517 (0,158)*	-2,452 (0,065)*	0,167 (0,329)
250 <= Viv. < 500	0,953 (0,206)*	-2,983 (0,051)*	-0,094 (0,789)
500 <= Viv. < 833	0,288 (1,698)	-9,763 (0,235)	0,883 (2,451)
Viv. >= 833	8,113 (0,909)	11,684 (0,207)	0,606 (1,536)

Nota: errores estándar entre paréntesis (véase Bohmstedt y Goldberger, 1969, para detalles sobre su cálculo).

\* Significativo al menos al 5%.

Los resultados obtenidos muestran cómo en los tres sectores existen economías de escala y densidad significativas para la totalidad de la población y vivienda. Así por ejemplo, en S1, un 1% de incremento proporcional en su magnitud incrementaría el coste de provisión en un 0,675%, siendo su inversa el valor calculado de 1,481 para las EE. Expresado en términos duales, dado que la inversa de la elasticidad de costes se corresponde con la elasticidad de producción, un valor superior a la unidad implica la existencia de rendimientos crecientes a escala, de forma que un incremento de un 1% en el stock supondría aumentar simultáneamente el número de habitantes y viviendas abastecidos en un 1,481%. La magnitud de EE para S2 y S3 es 1,330% y 1,452% respectivamente. Pese a la variabilidad en las estimaciones obtenidas como resultado de la reducción en el número de observaciones al segmentar la muestra por rangos (escasez que se agrava para valores de población y vivien-

da cada vez más elevados), es interesante resaltar el valor decreciente de las EE en todos los sectores conforme se incrementa el rango de población y vivienda, poniendo de manifiesto la tendencia a agotarse hasta alcanzar finalmente valores en los que normalmente dejan de ser estadísticamente significativos.

Respecto a las economías de densidad (ED), estas tienen aún mayor relevancia que las de escala. El incremento de la densidad de población, de vivienda y disminución del número de núcleos en el territorio reducen el coste de provisión. Así, por ejemplo, para S1, y centrándonos de nuevo en la tabla 3 donde se presentan los resultados de las estimaciones, una disminución del 1% en el número de núcleos  $Z_1$  (véase la nota 13), simultánea a un incremento en igual proporción de la densidad de viviendas por hectárea de superficie urbana,  $Z_2$ , reducirían el coste de provisión en un  $-0,382\%$  ( $= -0,282 - 0,100$ ). La inversa de este valor,  $-2,618$ , cuantifica las ED tal como se han definido en (7), mostrando el ahorro en los costes de provisión de infraestructura básica que traería consigo la concentración de la población y vivienda en menos núcleos y en viviendas en altura dentro de la superficie urbana del municipio. Comparando ambos tipos de economías puede observarse cómo las EE y las ED se comportan de forma similar: a medida que aumenta el tamaño del municipio su relevancia se reduce (al acercarse EE a 1 y alejarse ED de  $-1$ ). El valor de las ED tiende a ser decreciente conforme se incrementa el rango de población y vivienda, mostrando la desaceleración que experimentan al aumentar el tamaño municipal, sin que esta situación revierta el resultado general de que un incremento en la densidad implica una reducción (ahorro) en los costes de provisión de infraestructura –para que se observase la presencia de congestión, o deseconomías de densidad, habrían de obtenerse valores positivos.

Finalmente, respecto a las economías de alcance (EA), si bien su valor negativo muestra la subaditividad de la función de costes, ninguna de ellas es estadísticamente significativa, por lo que no es posible concluir que la provisión conjunta de infraestructura respecto a población y vivienda suponga un ahorro en costes respecto a su provisión separada, según la discusión realizada tras su definición formal en (8). La razón fundamental para que las economías de alcance no sean significativas reside en la casuística relativa a la distribución y proporción entre población y vivienda en los municipios. En primer lugar, no existe un número suficiente de municipios donde la ratio población-vivienda sea tan elevada como para que se pueda asimilar al caso de la provisión individual de infraestructura a la población. Esto significa que aunque se llegase a observar una sobreprovisión (sobrecoste) como consecuencia de la búsqueda del voto, su presencia sería tan escasa en el conjunto de las observaciones que no originaría economías de alcance estadísticamente significativas. En segundo lugar porque, en el caso contrario de provisión de infraestructura únicamente a vivienda, aunque es posible encontrar municipios despoblados donde existe un claro sobrecoste dada su escasa (o nula) población, su presencia es asimismo insuficiente como para hacer que, de nuevo, las economías de alcance estimadas sean significativas. Por tanto, se concluye que la debilidad de las dos posibles fuentes de ineficiencia asignativa: municipios con muy elevada o muy reducida ratio población-vivienda, hace que las economías de alcance estimadas no sean significativas (de haberse observado, esto confirmaría el resultado esperado de que proveer infraestructura de forma conjunta a población y vivienda conllevaría un menor coste que hacerlo por separado<sup>19</sup>).

## 6. Tamaño óptimo y coste de la provisión

### 6.1. Tamaño óptimo municipal y coste mínimo

La existencia de economías de escala conlleva que el coste medio de provisión sea decreciente al incrementar simultáneamente la población y la vivienda servidas por la infraestructura. La tabla 5 muestra los tamaños óptimos municipales relativos a ambas variables para cada uno de los tres sectores. Estos valores se han obtenido resolviendo el sistema de ecuaciones conjunto presentado en (13), y muestran que, para los sectores considerados, el mínimo de la función de coste medio se observa para unos valores de población superiores a los 2.000 habitantes y las 1.000 viviendas –mientras que en torno al 90% de los municipios en Castilla y León presentan valores inferiores de estas variables<sup>20</sup>.

**Tabla 5**  
**TAMAÑO ÓPTIMO (N.º) Y COSTE MEDIO MÍNIMO (€)**  
**DE PROVISIÓN DE INFRAESTRUCTURA BÁSICA**

Sector	Tamaño óptimo		Coste medio mínimo (€)	
	Población	Vivienda	Por habitante	Por vivienda
S1. Abastecimiento de agua	2.428	1.256	959,5	1.855,7
S2. Saneamiento y depuración	15.269	7.191	750,1	1.592,7
S3. Pavimentación y alumbrado	1.974	2.664	4.321,0	3.201,3

*Fuente:* elaboración propia.

Sustituyendo los valores óptimos de población y vivienda en la ecuación de coste medio (9) para cada sector se determina el mínimo asociado a los tamaños óptimos. Así, por ejemplo, para Abastecimiento de agua (S1) el coste medio mínimo por habitante es de 959,5 € mientras que asciende a 1.855,7 € por vivienda. Los valores son similares para el sector de Saneamiento y depuración (S2) y sensiblemente mayores para Pavimentación y alumbrado (S3).

### 6.2. Ineficiencia en costes y ordenación del territorio

Una posibilidad de racionalización del stock de infraestructura básica para los municipios basada en las tablas 4 y 5 lleva a los siguientes resultados. En primer lugar, los tamaños municipales observados y óptimos se encuentran bastante distanciados. Los 2.238 municipios EIEL tienen 2.028.000 hab. de población vinculada. Ello supone una dimensión media municipal de 906 habitantes; la mitad, por ejemplo, del tamaño óptimo del sector S3: 1.974 hab. En este sector, si toda la población vinculada se concentrase en municipios con este tamaño serían necesarios 1.207 –algo menos de la mitad (45,7%) de los existentes actualmente–. Según el tamaño óptimo estimado para S1 habría 835 municipios y, para S2, el número se reduciría drásticamente hasta los 133.

En segundo lugar, en términos de ahorro de costes en la provisión de stock de infraestructura básica, las economías de escala reflejadas en la tabla 4, por rangos municipales, muestran cómo estas se agotan para municipios menores de 1.500 hab. en S1 y S3. Por ello, pese a que las economías de escala sean estadísticamente significativas para el conjunto de la muestra, y con el propósito de establecer una magnitud del ahorro de costes conservadora, el análisis se centra únicamente en los 1.970 municipios (88,0%) cuya población es menor a ese umbral. Estos municipios alcanzan los 810.000 hab. —el 39,9% de la población vinculada, lo que implica una dimensión media municipal observada de 411 habitantes. Para todos estos municipios se ha calculado la diferencia entre el coste del stock de provisión medio observado y el mínimo reflejado en la tabla 5, dando como resultado un ahorro medio de 661,7 €/hab. para S1 y 791,6 €/hab. en S3. Para S2, aplicando el mismo procedimiento, el ahorro potencial supondría 825 €/hab. Si se multiplica la población relevante para cada sector por el ahorro medio, se obtiene un ahorro conjunto de 2.043,6 mill. de €. Es posible comparar la magnitud de ahorro conjunto con el stock de capital instalado para relativizar el exceso de provisión existente. Dado que el stock instalado en los municipios previamente considerados alcanza los 3.875,8 mill. de €, la ineficiencia derivada de la existencia de economías de escala se cifra en la mitad de toda la inversión acumulada en los años precedentes —podría ahorrarse el 52,7% del stock existente de estar todos los municipios dimensionados de acuerdo al número de habitantes óptimo—<sup>21</sup>.

También se puede relativizar el ahorro estimado respecto a la financiación recibida por los municipios mediante la Cooperación Económica a las inversiones para infraestructura y equipamientos de las corporaciones locales. Con el propósito de llevar a cabo este ejercicio se presenta en la tabla 6 una síntesis de la financiación total de las actuaciones, “obras”, emprendidas bajo la Cooperación Económica Local, CEL, que en Castilla y León supone, en media para los años considerados, el 0,6% del PIBpm regional. Las inversiones reflejadas en la tabla 6 provienen de: i) el Ministerio de Administraciones Públicas, que articula sus transferencias de capital a las inversiones de las Entidades Locales en torno al Programa 912B, ii) la Junta de Castilla y León, que distribuye la ayuda por medio de sus propios planes de cooperación; iii) las Diputaciones, mediante los Planes Provinciales de Cooperación y ayuda a municipios; y iv) los municipios, que siendo los destinatarios de estas ayudas también aportan recursos propios. La información disponible revela cómo la población constituye el criterio de mayor peso en el reparto de los fondos, dando origen a la existencia de las economías de escala calculadas. Los municipios menores de 1.000 hab. —87,7%—, con sólo el 20,3% de población reciben, en el lustro considerado, el 75,9% de las actuaciones financiadas (obras) y el 56,6% de toda la cooperación económica local.

Según las cifras recogidas en la tabla 6, y relativizándolas respecto a los 1.385.000 hab. del Padrón Municipal de Habitantes de 2004, se obtiene una asignación media de 600 €/hab. en municipios de tamaño inferior a 50.000 hab. (832.830.000 € / 1.385.000 hab.). Estas obras son tanto de reparación y mantenimiento como de nueva inversión, y están referidas al lustro de 2000 a 2004. La CEL puede desagregarse por grupos de funciones según los Presupuestos de las Corporaciones Locales. Si consideramos la Función 5.1. Infraestructura básica, donde se incluyen los tres sectores analizados, la financiación ha supuesto 568,4 mill. de € en el pe-



Tabla 6  
COOPERACIÓN ECONÓMICA LOCAL –CEL– (AÑOS 2000 A 2004, MILLONES DE € CORRIENTES)<sup>b</sup>

Municipios	N.º	Habitantes (2004)	Obras N.ºa	Total CEL	Ayts.	Diput. <sup>c</sup>	Admon. Autonóm.	Admon. Central	Otras EE.LL.	Otras
< 500 Hab.	1.687	317.573	12.528	360,67	102,15	109,03	72,90	72,88		3,72
<= 1.000	278	187.441	3.413	144,02	43,21	41,15	24,76	34,47		0,42
<= 2.500	180	269.302	2.853	146,21	47,90	36,86	24,93	35,50		1,02
<= 5.000	46	158.625	941	71,36	20,99	23,01	10,54	16,82		0,00
<= 7.500	21	121.985	526	47,37	14,86	11,15	5,49	15,88		0,00
<= 10.000	6	52.792	117	16,25	4,22	6,78	3,27	1,99		0,00
<= 15.000	6	73.195	180	13,58	3,73	5,27	1,42	3,15		0,00
<= 20.000	2	32.866	39	3,83	0,90	1,14	0,45	1,33		0,01
<= 30.000	3	67.869	76	18,10	6,67	2,90	6,57	1,95		0,00
<= 40.000	3	103.664	89	11,44	4,59	0,36	5,74	0,74		0,00
Hab. >= 50.000	9	1.107.566	231	58,82	25,77	3,59	26,64	2,82		0,00
Total Municipios	2.241	2.492.878	20.993	891,65	274,95	241,24	182,71	187,54		5,18
Mun. Sin CEL	7	1.040								
Territorios Prov.	9		1.331	280,07	2,80	200,16	33,07	43,80		0,24
MAN y EE.AA	202		616	42,17	0,20	0,13	28,25	0,66		0,00
TOTAL			22.940	1.213,89	277,98	441,53	244,03	232,01		12,93
										5,42

<sup>a</sup> Actuaciones en infraestructura y equipamientos en municipios, territorios provinciales, mancomunidades (MAN) y entidades asociativas (EE.AA.).

<sup>b</sup> Se ha considerado el presupuesto de las obras. En general, no coincide el año de aprobación del plan presupuestario con el de recepción y pago, por lo que dificulta expresar las magnitudes en unidades monetarias homogéneas.

<sup>c</sup> Fuente: elaboración propia a partir del informe elaborado por Ángel M. Prieto, José L. Zofío y CYLSTAT, S.L., para la Dirección General de Administración Territorial de la Junta de Castilla y León, Junta de Castilla y León (2006).

río de 2000 a 2004, que equivalen a 113,7 mill. de € anuales u 82 €/hab./año. Si consideramos que la infraestructura tiene un promedio 40 años de vida útil –véase la nota 21–, implicaría un ahorro potencial de 51,1 mill. de € o de 37 €/hab./año (2.043,6 mill. de €/1.385.000 hab./40 años); 45% de ahorro. Estos resultados en términos *per capita* se encuentran en un orden lógico de magnitud, mostrando cómo el ahorro potencial de la racionalización productiva puede encontrarse alrededor del 50% del stock y de la inversión realizada en el lustro de 2000 a 2004.

## 7. Conclusiones

En este artículo se estudian las economías de escala, densidad y alcance en la provisión de infraestructura básica municipal, ejemplarizándolas en el caso de Castilla y León, el cual se caracteriza por una escasa densidad de población, acentuada por su desigual distribución entre áreas rurales y urbanas. Las rurales, sobre las que se centra el análisis principalmente, son consideradas por diversos organismos internacionales como excéntricas, remotas, desfavorecidas y con peligro real de despoblamiento. Asumiendo una función de costes translog para la provisión relativa a urbanización: Abastecimiento de agua, Saneamiento y depuración, y Pavimentación y alumbrado, se establecen los tamaños óptimos municipales que minimizan el coste medio de provisión, tanto en términos de población como de vivienda. Se observa como estos tamaños óptimos superan ampliamente a los tamaños medios observados, de forma que no debe sorprender que en la provisión de infraestructura se observe un sobrecoste de provisión asociado a un tamaño municipal subóptimo. Efectivamente, para el rango de población y viviendas en los que las economías de escala son estadísticamente significativas, se observan importantes sobrecostes en la provisión, consecuencia de la actual distribución municipal de la población y la vivienda en Castilla y León. De hecho, la cuantía del ahorro potencial que existiría de simular una agrupación de la población y las viviendas en torno al tamaño óptimo –mediante fusión de municipios según la experiencia acontecida, por ejemplo, en países anglosajones, Sancton (2000)–, presenta un orden de magnitud sustancial respecto al stock de capital existente y a la cooperación económica destinada a los municipios, cifrándose en ambos casos en torno al 50%.

Si bien no es posible realizar una comparación directa de los resultados obtenidos con los antecedentes recogidos en la revisión bibliográfica del segundo epígrafe, al centrarse estos últimos en el análisis de las economías de escala, densidad y alcance en la producción de servicios (*C-outputs*), frente a la provisión de infraestructura física consideradas en el artículo (*D-outputs*), es claro que ambos son complementarios al ocuparse, respectivamente, de la producción del servicio ofertado y de la provisión de su infraestructura física. De esta forma no sólo sería posible distinguir, por ejemplo, entre las distintas etapas del “ciclo del agua” (González-Gómez y García-Rubio, 2008:41), sino también entre la provisión del servicio (contenido) y la infraestructura física necesaria (contenedor), cuyo estudio normalmente ha quedado desatendido –probablemente por su naturaleza pública que dificulta, por ejemplo, la obtención de datos como los precios asociados a la provisión–. Si los estudios realizados con relación a la producción del servicio han mostrado la

existencia de economías de escala y densidad significativas, nuestras conclusiones refuerzan este resultado también desde la perspectiva de la infraestructura, mostrando en qué medida no sólo existen importantes ineficiencias asignativas en coste como consecuencia de un tamaño empresarial inadecuado (servicio), sino también de un tamaño municipal subóptimo (infraestructura).

Recogiendo algunas de las reflexiones planteadas por los autores mencionados, se considera que de la presente investigación realizada en el contexto de la infraestructura, se derivan importantes consecuencias relativas a la magnitud del sobrecoste de provisión, que concuerdan con algunos de los resultados derivados de su revisión bibliográfica, relativos a los beneficios que conllevaría la fusión y adquisición, en ciertos casos, de empresas con el propósito de explotar las economías de escala. El paralelismo, en nuestro caso, reside en favorecer políticas de ordenación territorial que promuevan mayores tamaños municipales en términos de población y vivienda; es decir, en la posibilidad de materializar las economías de escala latentes aumentando el tamaño. Con relación a las economías de densidad, su presencia sugiere que, dentro de un mismo municipio, la concentración de la población en un único núcleo urbano y con viviendas en altura contribuiría también de forma decisiva a la reducción en los costes medios de provisión. Ambos tipos de economías muestran la magnitud del fenómeno estudiado en términos del sobrecoste que conlleva la actual organización territorial de la región de Castilla y León; consecuencia de los avatares históricos relativos a su población y territorio, difícil de alterar a medio plazo. Es por ello que las actuales y nuevas recomendaciones relativas a la ordenación del territorio se dirijan sobre todo hacia nuevos desarrollos urbanísticos, cuya planificación puede beneficiarse de la evidencia aportada en este estudio. Los resultados obtenidos refuerzan las normativas urbanísticas que implican una mayor concentración de la población y de las viviendas por hectárea de superficie urbana (densidad); por ejemplo, en lo referente a las legislaciones autonómicas y municipales para definir y exigir estándares y parámetros mínimos de dotaciones, en las líneas apuntadas por MFOM (2000). Respecto a las economías de alcance, aunque se identifica su existencia en la provisión conjunta de infraestructura a población y vivienda, su falta de significatividad muestra los escasos municipios observados donde, en el límite, la única dimensión provista sea la vivienda –caso, por ejemplo, de los municipios deshabitados–, o donde la ratio de población respecto a vivienda fuese excesivamente elevada (y que se materializase, por ejemplo, en un sobrecoste derivado de un exceso de provisión por habitante como consecuencia de la búsqueda de votos por parte de gestores políticos), alejándose de la que se deriva de los tamaños óptimos estimados.

Si bien es evidente que deben considerarse multitud de criterios para la ordenación del territorio y la aprobación de normativas de cooperación local, se considera que los aspectos económicos tratados en esta investigación constituyen un marco de análisis empírico fundamental para el estudio de las economías de escala, densidad y alcance. Los resultados obtenidos presentan gran relevancia para planificar inversiones públicas de infraestructura municipal y racionalizar la asignación de la Cooperación Económica Local del Estado, entendiéndose que las conclusiones obtenidas pueden ser extrapoladas a otros territorios y países con una estructura geopolítica y demográfica comparable.

## Notas

1. - Puede consultarse: *Economistas*, N.º 65, 1995 y N.º 105, 2005; I+D, Ideas + Debate sobre financiación territorial en el marco de la Unión Europea: La financiación local en la Europa de las regiones, II Foro Alicante, 12-14 de junio de 2002.
2. - A este respecto, cabría destacar el trabajo de Balaguer-Coll, Prior y Tortosa (2007), quienes señalan que la descentralización contribuye a mejorar la eficiencia en la gestión de los recursos en el caso de algunos municipios.
3. - La normativa reguladora, objetivos y estructura del Programa (denominado actualmente Programa 942A) pueden consultarse en [http://www.map.es/documentacion/entes\\_locales/prog\\_cop\\_ecc\\_local.html](http://www.map.es/documentacion/entes_locales/prog_cop_ecc_local.html).
4. - Por ejemplo, la Ley 3/2008, de 17 de junio, de aprobación de las Directrices Esenciales de Ordenación del Territorio de Castilla y León, establece como centros urbanos de referencia aquellos con más de 1.000 hab. y que “tengan además la consideración de municipios prestadores de servicios generales conforme al Pacto Local”.
5. - Adicionalmente, en áreas deshabitadas –siguiendo la terminología de la Comisión Europea (European Commission, 1999)– la densidad se reduce a 10 hab./km<sup>2</sup>.
6. - Aunque referido al sistema de financiación local y su distribución territorial, para este autor el intento de abarcar todas y cada una de las demandas de las corporaciones locales puede originar un “reparto por aspersión” o “café para todos”; lo que puede provocar crisis financieras en aquellos municipios donde los mayores costes se originen en factores incontrolados por la corporación local o gastos impropios.
7. - Véase Saal, Parker y Weyman-Jones (2007), Sauer y Frohberg (2007) y Filippini, Hrovatin y Zoric (2008), entre las más recientes. En el caso español y para la provisión de alumbrado destaca el trabajo de Prado y García (2007).
8. - La consideración de la población como variable clave para determinar economías de aglomeración no es nueva en el ámbito de la ciencia regional y la economía urbana. Eberts y McMillen (1999:1.481) recogen diversas contribuciones en las que la población es una medida estándar del tamaño municipal (urbano), respecto a la cual se pueden establecer tamaños óptimos. En un trabajo ampliamente citado, Rosenthal y Strange (2004) muestran que la productividad se incrementa entre un 3% y un 8% si se dobla la población municipal.
9. - Cuya producción eficiente viene garantizada mediante el empleo de precios ingenieriles que implican el uso de la mejor práctica técnica (tecnología) a la hora de producir las variables físicas que constituyen la infraestructura: depósitos de agua, conducciones, red de distribución municipal, etc.–ver tabla 1.
10. - Guilkey, Knox Lovell y Sickles (1983) comparan las formas funcionales tradicionalmente utilizadas en la literatura, Cobb-Douglas, CES y Translog, concluyendo la superioridad de la última a la hora de caracterizar la tecnología, bien desde una perspectiva primal (producción) o dual (costes).
11. - Barten (1969) demuestra que las estimaciones del sistema de ecuaciones son invariantes a la elección del precio normalizador.
12. - La trascendencia que la dispersión de la población y vivienda en núcleos tiene sobre el coste de provisión de bienes públicos no es normalmente considerada en la literatura. Fluvia *et al.* (2008: 117) sugieren su importancia crítica a la hora de determinar el tamaño óptimo municipal. Este estudio da respuesta a esta cuestión al establecer el número óptimo de habitantes y viviendas en términos de las economías de escala, y controlando, precisamente, por variables de densidad que incluyen el número de núcleos.
13. - La definición propuesta de las economías de escala (6) se corresponde con las introducidas por Panzar y Willig (1977), y es inversa a la sugerida posteriormente por Caves, Christensen y Trethway (1984) y Caves *et al.* (1985). La razón reside en el desacuerdo mostrado por diversos autores (Xu, Windle y Grimm, 1994; Jara-Díaz y Cortés, 1996; Oum y Zhang, 1997) con la definición que realizan Caves *et al.* de las economías de escala, que no mantienen constante la densidad de la provisión –como sería el caso de (6) de incluir la variables de provisión  $Z_k$ , y que, por tanto, no se correspondería con la noción *ceteris paribus* normalmente aceptada de este concepto.

14. - Nótese que, dada la definición de  $Z_1$  (número de núcleos), para determinar las economías de densidad (tabla 4) es necesario considerar su elasticidad con signo opuesto (negativo) respecto al valor estimado (tabla 3), lo cual equivale a aumentar la densidad *reduciendo* el número de núcleos en el que se asienta la población dentro de un municipio.
15. - Siendo  $CMd_g = C/Y_g = (1/Y_g) \cdot \exp(\ln C)$ , la obtención del mínimo respecto a la provisión  $Y_g$  implica  $\partial CMd/\partial Y_g = \partial(C/Y_g)/\partial Y_g = 0$ . Sustituyendo la función de coste medio en esta última expresión, y aplicando la regla del producto al derivar se obtiene la siguiente expresión:  $\partial CMd/\partial Y_g = -1/Y_g^2[(\exp(\ln C) - \partial \exp(\ln C)/\partial Y_g) \cdot Y_g] = 0$ , que, una vez reordenados los términos, puede desarrollarse aplicando en una primera instancia la regla de la cadena:  $\partial CMd/\partial Y_g = -1/Y_g^2[(\exp(\ln C) \cdot (\partial(\ln C)/\partial Y_g) \cdot Y_g - \exp(\ln C))] = 0$ . Dado que, a su vez,  $\partial(\ln C)/\partial Y_g = \partial C/\partial Y_g \cdot 1/C$ , es posible sustituir esta última igualdad en la precedente obteniendo:  $\partial CMd/\partial Y_g = 1/Y_g^2[(\exp(\ln C) \cdot (\partial C/\partial Y_g \cdot Y_g/C) - \exp(\ln C))] = 0$ . Expresión que se corresponde con la ecuación (10) al coincidir la derivada parcial de  $\ln C$  respecto a  $\ln Y_g$  con la elasticidad de costes en la última expresión.
16. - Según las Tablas Salariales inscritas en el Registro de Convenios Colectivos de las Oficinas Territoriales, aparecidas en los Boletines Oficiales de las provincias. Por ejemplo, tabla salarial en el BOP de Salamanca de 25/08/2003.
17. - Un amplio abanico de cuadro de precios unitarios, compuestos y unidades de obra pueden consultarse en Instituto de la Construcción de Castilla y León, [www://iccl.es](http://iccl.es), Base de Precios de la Construcción de Castilla y León, BPCCL (2004).
18. - Partimos de la base de no eliminar observaciones extremas. Para S1, tan sólo se han eliminado 5 municipios por error extremo en los datos. El resto, 36 municipios hasta 2.238, lo han sido por carecer de dato para alguna de las variables que definen el sector. Para S3 se han eliminado 307 que representan el 13,7%.
19. - Adicionalmente, la aparición de economías de alcance también sería resultado de la proliferación de municipios con segundas residencias, en caso de que la variable de provisión relativa a la población fuese el número de empadronados y no la población vinculada, como en este estudio. Entonces el sobre coste de provisión surgiría por la relativa escasez de población respecto al número de viviendas existentes. No obstante, dado que el stock de infraestructura básica de los municipios debe dimensionarse a la totalidad de la población que eventualmente pueda habitar en el municipio (carga real de población residente y no residente que debe abastecer la infraestructura, siendo el caso paradigmático el Abastecimiento de agua), en el presente estudio esta fuente de ineficiencia, que favorecería la aparición de economías de alcance dado que este tipo de municipios prolifera, no se encuentra presente.
20. - Las estimaciones realizadas del tamaño óptimo determinan implícitamente una ratio óptima de población a vivienda (tabla 5). Es posible destacar que la divergencia entre la ratio media observada para los municipios de Castilla y León y la óptima es reducida, sin que, además, exista una elevada variabilidad, lo que confirma que los casos mencionados de sobre coste de provisión que podrían dar origen a economías de alcance significativas, *i.e.* un exceso de provisión dirigido únicamente a población o vivienda, son escasos.
21. - El stock calculado sería representativo, en términos generales, de la inversión acumulada en los últimos 40 años, que es el promedio de vida útil de la mayor parte de esta infraestructura básica según las tablas de amortización oficialmente aprobadas. Así, de acuerdo al R.D. 1777/2004, para la Agrupación 16, Captación, depuración y distribución de agua y para la Agrupación 75, capa de rodadura, los elementos que componen la infraestructura prestan servicios por un período máximo de alrededor de 40 años: depósitos y tanques, 50, red de distribución, 34, instalaciones depuratoras por clonación, 20, etc.

## Referencias

- Aida, K.; Cooper, W. W.; Pastor, J. T. *et al.* (1998), "Evaluating water supply services in Japan with RAM: a range-adjusted measure of inefficiency", *Omega, International Journal of Management Science*, 26(2): 207-232.

- Ashton, J. K. (2000), "Cost efficiency in the UK water and sewerage industry", *Applied Economics Letters*, 7: 455-458.
- Ashton, J. K. (2003), "Capital utilization and scale in the English and Welsh water industry", *The Service Industries Journal*, 23: 137-149.
- Balaguer-Coll, M. T.; Prior, D. y Tortosa-Ausina, E. (2007), "On the determinants of local government performance: a two-stage nonparametric approach", *European Economic Review*, 51: 425-451.
- Barten, A. (1969), "Maximum likelihood estimation of a complete system of demand equations", *European Economic Review*, 1: 7-73.
- Beltrán, M.; Mayo, A. y Parra, F. (1996), "Análisis de la encuesta de infraestructura y equipamiento local a través de indicadores de síntesis", en Junta de Castilla y León (ed.), *5º Congreso de Economía Regional de Castilla y León*, Valladolid.
- Bhattacharyya, A.; Parker, P. y Raffiee, K. (1994), "An examination of the effect of ownership on the relative efficiency of public and private water utilities", *Land Economics*, 70 (2): 197-209.
- Bhattacharyya, A.; Harris, T. R.; Narayanan, R. et al. (1995), "Allocative efficiency of rural water Nevada water systems: a hedonic shadow cost function approach", *Journal of Regional Science*, 35 (3): 485-501.
- Blank, Joss L. T. y Knox Lovell, C. A. (2000), "Introductory and methodological issues. Performance assessment in the public sector", in Joss L.T. Blank (ed.), *Public Provision and Performance. Contributions from Efficiency and Productivity Measurement*, Elsevier: 3-22.
- Bohrnstedt, G. y Goldberger, A. (1969), "On the exact covariance of products of random variables", *American Statistical Association Journal*, 64 (328): 1.439-1.442.
- BPCCL (2004), *Base de Precios de la Construcción de Castilla y León*. Instituto de la Construcción de Castilla y León-Junta de Castilla y León, Valladolid.
- Bradford, D. F.; Malt, R. A. y Oates, W. E. (1969), "The rising cost of local public services: some evidence and reflections", *National Tax Journal*, XXII (2): 185-202.
- Bottaso, A. y Conti, M. (2009), "Scale economies, technology and technical change in water industry: Evidence from the English water only sector", *Regional Science and Urban Economics*, 39: 138-147.
- Caves, D. W.; Christensen, L. R. y Trethway, M. W. (1984), "Economies of density versus economies of scale: Why trunk and local service airline costs differ", *Rand Journal of Economics*, 15: 471-489.
- Caves, D. W.; Christensen, L. R.; Trethway, M. W. et al. (1985), "Network effects and the measurement of returns to scale and density for U.S. railroads", en A. F. Daugherty (ed.), *Analytical studies in transport economics*, Cambridge University Press, New York.
- Christensen, L. R.; Jorgenson, D. y Lau, L. J. (1971), "Conjugate duality and the transcendental logarithmic production function". *Econometrica*, 39: 255-256.
- Christensen, L. R.; Jorgenson, D. y Lau, L. J. (1973), "Transcendental logarithmic production frontiers", *Review of Economics and Statistics*, 55: 28-45.

- Cherchye, L.; De Borger, B. y van Puyenbroeck, T. (2006), "Nonparametric tests of optimizing behavior in public service provision: methodology and an application to local public safety", *Tijdschrift voor Economie and Management*, 51 (4).
- Clark, R. M. y Stevic, R. G. (1981), "A water supply cost model incorporating spatial variables", *Land Economics*, 57 (1): 18-32.
- CNIG (2001), *Mapas digitales de los municipios españoles*, Centro Nacional de Información Geográfica, Ministerio de Fomento, Madrid.
- Coelli, T. y Walding, S. (2005), *Performance measurement in the Australian water supply industry*, CEPA Working Papers Series WP012005, School of Economics, University of Queensland.
- Deller, S. C.; Chicoine, D. L. y Walzer, N. (1988), "Economies of scale and scope in rural low-volume roads", *Review of Economics and Statistics*, 70: 459-465.
- Deller, S. C. y Rudnicki, E. (1992), "Managerial efficiency in local government: implications on jurisdictional consolidation", *Public Choice*, 74: 221-231.
- Eberts, R. W. y McMillen, D. P. (1999), "Agglomeration economies and urban public infrastructure", en E. S. Mills, y P. Cheshire (ed.), *Handbook of Regional and Urban Economics*. Elsevier Science, B. V., Amsterdam.
- European Commission (1999), *European Spatial Development Perspective (E.S.D.P.): Towards a Balanced and Sustainable Development of the Territory of the European Union*, European Commission, Luxembourg.
- European Commission (2001), *Unity, solidarity, diversity for Europe, its people and its territory. Report from the Commission to the Council. The European Parliament. The economic and social committee and the committee of the regions: second report on economic and social cohesion*, European Commission, Luxembourg.
- Eurostat, 2004, *Eurostat yearbook 2004*. The statistical guide to Europe, Eurostat, Luxembourg.
- Fabbri, P. y Fraquelli, G. (2000), "Costs and structure of technology in the Italian water industry", *Empirica*, 27: 65-82.
- Filippini, M.; Hrovatin, N. y Zoric, J. (2008), "Cost efficiency of Slovenian water distribution utilities: an application of stochastic frontier methods", *Journal of Productivity Analysis*, 29: 169-182.
- Fluvià, M.; Rigall-I-Torrent, R. y Garriga, A. (2008), "Déficit en la provisión local de servicios públicos y tipología municipal", *Revista de Economía Aplicada*, XVI, 48: 111-132.
- Ford, J. L. y Warford, J. J. (1969), "Cost functions for the water industry", *Journal of Industrial Economics*, 18: 53-63.
- García, 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: 5-29.
- García, S. y Thomas, A. (2003), "Regulation of public utilities under asymmetric information. The case of municipal water supply in France", *Environmental and Resource Economics*, 26: 145-162.

- García, 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: 791-820.
- González-Gómez, F. y García-Rubio, M. A. (2008), "Efficiency in the management of urban water services. What have we learned after four decades of research?", *Hacienda Pública Española/Revista de Economía Pública*, 185: 39-67.
- Guilkey, D. K.; Knox Lovell, C. A. y Sickles, R. (1983), "A comparison of the performance of three functional forms", *International Economic Review*, 24 (3): 591-616.
- Hayes, K. (1987), "Cost structure of the water utility industry", *Applied Economics*, 19: 417-425.
- Hunt, L. C. y Lynk, E. L. (1995), "Privatisation and efficiency in the UK water industry: an empirical analysis", *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 57 (3): 371-388.
- Jara-Díaz, S. y Cortés, C. (1996), "On the calculation of scale economies from transport cost functions", *Journal of Transport Economics and Policy*, 30: 157-170.
- Junta de Castilla y León (2000), *Normativa de Ordenación del Territorio y Urbanismo de Castilla y León*, Consejería de Presidencia, Valladolid.
- Junta de Castilla y León (2005), [www.jcyl.es/cpat/](http://www.jcyl.es/cpat/)
- Junta de Castilla y León (2006), *E.D.I.L. Programa para la Evaluación y Desarrollo de las Infraestructuras Locales. Dirección General de Administración Territorial*, Consejería de Presidencia, Valladolid.
- Kim, H. Y. y Clark, R. M. (1988), "Economies of scale and scope in water supply", *Regional Science and Urban Economics*, 18: 479-502.
- Kim, E. y Lee, H. (1998), "Spatial integration of urban water services and economies of scale", *Review of Urban and Regional Development Studies*, 10 (1): 3-18.
- Kirkpatrick, C.; Parker, D. y Zhang, Y. F. (2006), "An empirical analysis of state and private sector provision of water services in Africa", *The World Bank Economic Review*, 20 (1): 143-163.
- Llamazares, J. (1988), *La lluvia amarilla*, Seix-Barral, Barcelona.
- Mann, P. C. y Mikesell, J. L. (1976), "Ownership and water system operation", *Water Resources Bulletin*, 12 (5): 995-1.004.
- MAP (2006), *EIEL: Manual de instrucciones (actualizado, 16/01/06)*, Secretaría de Estado de Cooperación Territorial, Dirección General de Análisis Económico de EE.LL., Madrid.
- Marlow, L. (1988), "Fiscal decentralization and government size", *Public Choice*, 56: 259-270.
- Mas, M.; Pérez, F. y Uriel, E. (2005), *El stock de capital en España y su distribución territorial (1964-2002)*, Fundación BBVA, Bilbao.
- Mas, M.; Pérez, F. y Uriel, E. (2007), *El stock y los servicios de capital en España y su distribución territorial (1964-2005): nueva metodología*, Fundación BBVA, Bilbao.



- MFOM (2000), *La ciudad y los ciudadanos*. Ministerio de Fomento. Dirección General de la Vivienda, la Arquitectura y el Urbanismo, Centro de Publicaciones, Madrid.
- Mizutani, F. y Urakami, T. (2001), "Identifying network density and scale economies for Japanese water supply organizations", *Papers in Regional Science*, 80: 211-230.
- Nauges, C. y van den Berg, C. (2007), *How "natural" are natural monopolies in the water supply and sewerage sector? Case studies from developing and transition economies*, World Bank Policy Research Working Paper 4137, February 2007, Washington D.C.
- Oates, W. (1972), *Fiscal Federalism*, Harcourt, New York.
- OCDE (2001), *OECD Territorial Reviews: Teruel, Spain*, Paris.
- Oum, T. H. y Zhang, Y. (1997), "A note on scale economies in transport", *Journal of Transport Economics and Policy*, 31: 309-315.
- Panzar, J. C. y Willig, R. D. (1977), "Economies of scale in multioutput production", *Quarterly Journal of Economics*, 91: 481-493.
- Panzar, J. C. y Willig, R. D. (1981), "Economies of scope", *The American Economic Review*, 71: 268-272.
- Peña-Díez, J. F. (1995), "Las administraciones territoriales en el contexto de las administraciones públicas", *Economistas*, 65: 6-11.
- Picazo-Tadeo, A. J.; Sáez-Fernández, F. J. y González-Gómez, F. (2007), "The role of environmental factors in water utilities' technical efficiency. Empirical evidence from Spanish companies", *Applied Economics*, in press, doi: 10.1080/00036840601007310.
- Picazo-Tadeo, A. J.; Sáez-Fernández, F. J. y González-Gómez, F. (2008), "Does service quality matter in measuring performance of water utilities?", *Utilities Policy*, 16 (1): 30-38.
- Picazo-Tadeo, A. J.; González-Gómez, F. J. y Sáez-Fernández, F. J. (2009), "Accounting for operating environments in measuring water utilities' managerial efficiency", forthcoming in *The Service Industries Journal*, 29.
- Prado, J. M. y García, I. M. (2007), "Efficiency evaluation in municipal services: an application to the street lighting service in Spain", *Journal of Productivity Analysis*, 27: 149-236.
- Rosenthal, S. S. y Strange, W. C. (2004), "Evidence on the nature and sources of agglomeration economies", en J. V. Henderson y J. F. Thisse (ed.), *Handbook of regional science and urban economics*, Vol. 4, ch. 49: 2.119-2.171, Elsevier B. V., Netherlands.
- Ross, J. P. y Burkhead, J. (1974), *Productivity in the Local Government Sector*. Lexington, Mass., D. C. Heath.
- Rubiera, F. (2007), *Factors of employment creation at local level. An intraregional explanation of the different territorial patterns of employment and population in Spain*, en Asociación Española de Ciencia Regional (ed.), XXXIII Reunión de Estudios Regionales, León.
- 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*, 21 (6): 253-268.

- Saal, D. S.; Parker, D. y Weyman-Jones, T. G. (2007), "Determining the contribution of technical change, efficiency change and scale change to productivity growth in the privatized English and Welsh water and sewerage industry: 1985-2000", *Journal of Productivity Analysis*, 28: 127-139.
- Sabbioni, G. (2008), "Efficiency in the Brazilian sanitation sector", *Utilities Policy*, 16 (1): 11-20.
- Sancton, A. (2000), *Merger mania. The assault on local government*, McGill-Queen's University Press, Montreal.
- Sauer, J. y Frohberg, K. (2007), "Allocative efficiency of rural water supply- a globally flexible SGM cost frontier", *Journal of Productivity Analysis*, 27: 31-40.
- Schwab, R. M. y Oates, W. E. (1991), "Community composition and the provision of local public goods", *Journal of Public Economics*, 44 (2): 217-237.
- SIEMCALSA (1997), *Mapa Geológico y Minero de Castilla y León*, Sociedad de Investigación y Explotación Minera de Castilla y León, Siemcalsa, Valladolid.
- Suárez Pandiello, J. (2001), *Cambios normativos y perspectivas de mejora en la gestión de los recursos*, en I+D, Ideas + debate sobre financiación territorial, Primer Foro Alicante 2001, Claves para la reforma de la hacienda local, Alicante.
- Suárez Pandiello, J. (2007), "Insuficiencia relativa, gastos impropios y financiación local", *Papeles de Economía Española*, 113: 241-252.
- Torres, M. y Morrison-Paul, C. J. (2006), "Driving forces of consolidation or fragmentation of the water utility industry: a cost function approach with endogenous output", *Journal of Urban Economics*, 59: 104-120.
- Van Tulder, F. P. (2000), "The revenue approach to Dutch police departments", en Joss L. T. Blank (ed.), *Public provision and performance. Contributions from efficiency and productivity Measurement*, Elsevier: 247-275.
- Xu, K.; Windle, R. y Grimm, C. (1994), "Re-evaluation returns to scale in transport", *Journal of Transport Economics and Policy*, 28: 275-286.
- Zellner, A. (1962), "An efficient method of estimating seemingly unrelated regressions and test for aggregation bias", *Journal of the American Statistical Association*, 58: 977-992.

## Abstract

Municipalities manage their budgets in a complex national, regional, and local legal framework while being under the cross-pressure between of citizens claiming for better public goods and higher-level Administrations requiring higher allocative efficiency in public spending. The legal framework determines the scheme of intergovernmental finance based on well specified cooperation programs for the provision of basic infrastructure that result in different stocks of local infrastructures. We estimate translog cost functions to quantify economies of scale, density and scope in the provision of infrastructure dealing with water supply, sewerage and cleansing of residual waters, paving and lighting. We find

that these economies are present to a large degree due to the existing rural structure, characterized by a suboptimal municipal size. This carries an excess cost in the provision of infrastructure in terms of the existing infrastructure stock and the amount of intergovernmental finance. Taking Castilla y León as the geographical reference, we estimate infrastructure stocks relying on the Local Infrastructure and Equipment Survey while developing a new price database based on best practice engineering approaches.

*Keywords:* Municipalities, Public infrastructure, Translog cost function, Economies of scale, density and scope.

*JEL classification:* C3, D23, H1, H4, H54.

