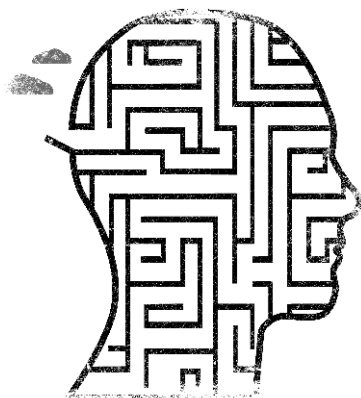


*Provisión de infraestructura pública
en medio urbano de baja densidad.
Marco institucional,
financiación y costes*



**Ángel M. Prieto, José L. Zoñío
e Inmaculada Álvarez**
IRNASA-CSIC
Universidad Autónoma de Madrid

DOI: 10.4422/ager.2012.01

ager

Revista de Estudios sobre Despoblación y Desarrollo Rural
Journal of Depopulation and Rural Development Studies

Provisión de infraestructura pública en medio urbano de baja densidad.

Marco institucional, financiación y costes

Resumen: Este trabajo plantea la provisión de infraestructura pública local desde una perspectiva técnica y económica en asentamientos urbanos, municipios, que bajo el denominador de "áreas dispersas", se catalogan como *desfavorecidas* por la Unión Europea y *excéntricas y/o remotas* por la OCDE y *desfavorecidas, periféricas y en peligro real de despoblamiento* por el saber popular. Analiza cómo se comportan los municipios en la provisión de infraestructura física, las transferencias del Estado para financiarlas y la racionalidad de la provisión mediante funciones de costes con el objeto de obtener tamaños mínimos y densidades deseables u óptimas para la provisión de infraestructura básica local. Los resultados muestran, mediante indicadores de eficacia y eficiencia, las posibilidades de proveer infraestructura básica urbana incurriendo en menores costes; que pueden orientar las propuestas de los gobiernos locales para la ordenación del territorio urbano municipal.

Palabras clave: Infraestructura, Densidad Urbana, Economías de Escala y de Densidad, Función de Costes Translogarítmica.

***Provision of public infrastructure in low-density urban environments:
institutional framework, financing and costs***

Abstract: This paper analyzes the provision of local public infrastructure from the technical and economic perspectives in low-density urban settlements, i.e., municipalities. These areas, characterized by their rural nature, are classified as: (i) dispersed and disadvantaged by the European Union, (ii) eccentric and/or remote by the OECD, and (iii) unfavorable, peripheral, and in real danger of depopulation according to popular lore. The behavior of municipalities in the provision of physical infrastructure is discussed, including the scheme of intergovernmental transfers aimed at its financing, along with the rationality of the provision, which is determined by way of cost functions. This methodology allows us to obtain the minimum urban sizes and optimal densities that would be desirable for and efficient provision of local infrastructure. Actually, using indicators of effectiveness and efficiency, we propose guidelines whose realization should bring lower costs when providing basic infrastructure. These guidelines can be used by public officials in their decision-making processes when carrying out municipal urban planning.

Keywords: Migration. Infrastructure, Urban Density, Economies of Scale and Density, Translog Cost Function.

Recibido: 22 de diciembre de 2010
Devuelto para revisión: 5 de julio de 2011
Aceptado: 3 de noviembre de 2011

Ángel M. Prieto. Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología, Consejo Superior de Investigaciones Científicas. alpisto@usal.es, angel.prieto@irnasa.csic.es

José L. Zofío. Departamento de Análisis Económico: Teoría Económica e Historia Económica, Universidad Autónoma de Madrid. jose.zofio@uam.es

Inmaculada Álvarez. Departamento de Análisis Económico: Teoría Económica e Historia Económica, Universidad Autónoma de Madrid. inmaculada.alvarez@uam.es

"El concepto de ámbito urbano (donde confluyen lo social y lo físico) es posiblemente una de las representaciones más imprecisas y relativas en las ciencias sociales y urbanas, razón por la cual sigue persistiendo un importante debate y una actividad creativa permanente sobre el establecimiento de definiciones y la disposición de contenidos en este afán por instituir ámbitos urbanos con una cierta proyección operativa", MFOM (2000: 23)

Introducción

La cuestión de cómo los gobiernos deberían asignar los recursos entre las distintas entidades locales, desemboca en el desarrollo de una estructura de valoración de las necesidades de gasto desde múltiples perspectivas: territoriales, demográficas, costes de producción de la infraestructura, gestión, financiación, etc., hasta llegar a una medida de necesidad de infraestructura, de servicio y de calidad. Todo un programa de investigación y desarrollo ha surgido desde diferentes disciplinas sociales, que abordamos desde una doble perspectiva: técnica, en cuanto a la provisión de infraestructura física municipal y económica, en cuanto a los costes de proveerla; que se integra en una misma base analítica de eficacia, eficiencia y economía.

En la actualidad existe una corriente de opinión entre políticos y estudiosos de la provisión de servicios públicos locales de que "el tamaño no lo es todo" para los gobiernos locales, especialmente para municipios rurales y/o remotos¹. Como consecuencia, la aún escasa literatura académica en la provisión física de infraestructura, en contraste a los servicios, ha explorado modelos de gestión municipal (consorcios y mancomunidades) en contraposición al énfasis de la fusión directa (Sancton, 2000,

1• La definición de conceptos "rural y urbano" y su demarcación en la literatura puede verse en Morales (2010).

Dollery y Crase, 2004). No obstante se reconoce, en ambos contextos, que un tamaño de jurisdicción mínimo deseable es necesario para una "gestión eficiente del gasto, de modo que los costes de prestación no excedieran con mucho a otros municipios similares" (Suárez-Pandiello, 2007). Las orientaciones políticas basadas en criterios de "elección" y "nuevo regionalismo" muestran que una adecuada prestación de servicios no requiere grandes aglomeraciones de población y viviendas, sobre todo en el tipo de infraestructuras consideradas en este estudio, cuyas condiciones de provisión, tecnológicas y de costes, hacen que se deban proveer a cada habitante y vivienda puerta a puerta: abastecimiento de agua, saneamiento y depuración, superficie viaria urbana y alumbrado –*infraestructura básica*.

Para orientar la toma de decisiones, se deben articular los principios constitucionales de legalidad formal y control con los de gestión, eficacia y eficiencia de la actividad pública; que desde la perspectiva técnico-económica lleva a analizar, de un lado, la provisión de infraestructura y su financiación. De otro lado, investigar la dimensión de las economías derivadas del tamaño (o escala) y la influencia de la densidad relativa de población y vivienda en el territorio urbano. El análisis se realiza básicamente usando información de las Comunidades Autónomas de Castilla y León, y de La Rioja, que presentan variada tipología de tamaños y formas de poblamiento (densidades y núcleos de población) debido al proceso histórico de ocupación del espacio.

El artículo se desarrolla en los siguientes apartados. En el apartado 1, se aborda brevemente la perspectiva formal de la provisión de infraestructura local, con objeto de mostrar su magnitud relativa al tamaño municipal. Se analiza el contexto legal de los instrumentos financieros y funcionales en que se apoya la provisión de infraestructura a municipios y otras entidades locales; incidiendo en el tipo de Fondo de Cooperación, sus entidades financiadoras y en la distribución de la financiación por tamaño poblacional del municipio. En el 2, se presenta un modelo de evaluación de eficacia municipal, utilizando los datos de la Encuesta de Infraestructura y Equipamientos Locales –EIEL², MAP (2006)–; la cual permite conocer la realidad municipal en la provisión física. El modelo se desarrolla bajo el supuesto de que los gestores tienen como objetivo reducir los déficit de infraestructura municipal. Obtiene indicadores sintéticos de eficacia en la reducción del déficit que pueden utilizarse para

-
- 2• La finalidad de la EIEL según el RD 835/2003, de 27 de junio, es "conocer la situación de las infraestructuras y equipamientos de competencia municipal, formando un inventario de ámbito nacional, de carácter censal, con información precisa y sistematizada de los municipios con población inferior a 50.000 habitantes". La EIEL se coordina en cada provincia por la Diputación Provincial, Consejo o Cabildo Insular y en caso de regiones uniprovinciales por la Comunidad Autónoma.

evaluar los efectos de la puesta en marcha de determinadas políticas de gasto en torno al reparto de los fondos destinados a la cooperación local municipal. En el 3, el objetivo de los gestores se traduce en términos económicos mediante una función de costes de provisión de infraestructura de tipo translogarítmica. Su estimación permite determinar las economías de escala y el efecto de variar el número de núcleos de población y de la superficie urbana, o efecto densidad, sobre los costes de provisión en el ámbito de la circunscripción municipal. Para ello, mediante el desarrollo de una base de precios unitarios por tipos de infraestructura, se obtiene el stock de capital municipal asumiendo el valor de adquisición de aquellos elementos de la infraestructura que forman una tecnología de "mejor práctica técnica en el mercado"; por ejemplo conducciones de agua. Este planteamiento permite modelar la racionalidad de los gobiernos locales implicados en la provisión. Se separa de los análisis más tradicionales y abundantes en la literatura económica, basados en la gestión de los servicios proporcionados por la infraestructura. Una amplia literatura sobre eficiencia en el sector público local se encuentra en Kalb (2010) En el apartado 4 se presentan las conclusiones y, por último, las referencias bibliográficas en el apartado 5.

La perspectiva formal de la provisión de infraestructura local

Tal como se ha indicado en el resumen, el objetivo de este trabajo se centra en mostrar cómo se comportan los municipios en la provisión de infraestructura en los poblamientos y territorios urbanos catalogados como desfavorecidos, periféricos y *en peligro real de despoblamiento*³. La Ley 7/85, de 2 de abril, Reguladora de las Bases del Régimen Local (LRBRL), otorga a los municipios autonomía para proveer servicios y sobre ellos recae la responsabilidad de organizar y gestionar la población y el territorio; pero al no limitar y definir las competencias de los ayuntamientos, origina los denominados "gastos impropios o de suplencia" (Suarez-Pandiello, 2007), derivados de

3• Puede consultarse Escalona y Díez (2005) y www.elpais.com/articulo/reportajes/Sonando/Hurdes/elpepusocdmg/20100606elpdmgrep_11/Tes, para una muestra de la problemática sobre servicios concentrados (por ejemplo, Centros Asistenciales, polideportivos) y la provisión de infraestructuras en este tipo de áreas, respectivamente.

necesidades no vinculadas a las competencias obligatorias atribuidas en la Ley. A su vez, la Constitución, art. 31.2, declara: *El gasto público realizará una asignación equitativa de los recursos públicos y su programación y ejecución responderá a los criterios de eficiencia y economía*. Esta declaración formal, fundamental para los análisis económicos, no tiene carácter operativo y tal como afirma Muñoz (1998:113), no es nada explícita con respecto a las técnicas que deben emplearse para satisfacer las obligaciones que ella misma impone. No obstante, determina un mandato de prestación que para el análisis económico necesita conciliar la perspectiva legal, como restricción (mecanismos normativos) y económica (recursos escasos) en la provisión; que puede abordarse proporcionando un gradiente o jerarquía municipal, con garantía de mínimos obligatorios según población, que mida el déficit de provisión en el territorio⁴ (eficacia) y el coste de proveer la infraestructura (eficiencia).

Para abordar este mandato constitucional, el Ministerio de Administraciones Públicas (MAP) inicia en los años ochenta un Programa de Cooperación Económica Local del Estado con las Entidades Locales, dirigido a cofinanciar y mejorar las infraestructuras y equipamientos de las Corporaciones Locales, dentro de un marco general de financiación de los Entes Territoriales. En torno a este Programa, se articula todo un *Operativo Local* en el que intervienen distintos gobiernos subcentrales, actuando tanto como entes financiadores como receptores de fondos. En este Operativo, las relaciones entre Entes Locales y el Estado se establecen mediante Órganos de Cooperación e Instrumentos Financieros. El Programa considera la EIEL como instrumento funcional junto con los Planes Provinciales de Cooperación y constituye la base para conocer la realidad municipal en la provisión de infraestructura local⁵.

La Cooperación Económica del Estado a las inversiones de las Entidades Locales, se articula básicamente en torno a los Planes Provinciales de Cooperación para la prestación de servicios de competencia municipal. En su declaración programática, establece la distribución territorial de las subvenciones destinadas a su cofinanciación en base, entre otras, a las necesidades de infraestructura básica entendida como abastecimiento de agua, alcantarillado, superficie viaria urbana y alumbrado y depuración de aguas residuales. Estas necesidades de infraestructura tienen carácter obligatorio en cualquier circunscripción; y sus características técnicas le confieren una estructura de red "puerta a

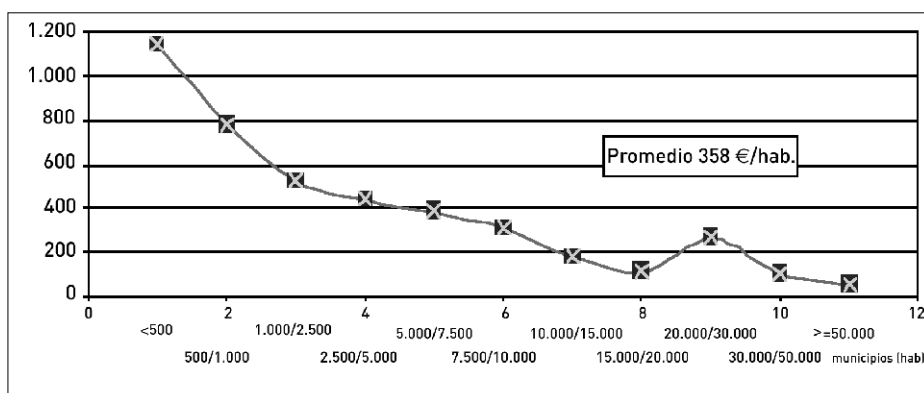
4• La perspectiva normativa ha sido abordada por Herrero, Rubial y Herrera (2006) en torno al concepto de *servicios públicos fundamentales*; definidos como aquellos cuya prestación mínima ha de garantizarse por los poderes públicos en todo el territorio nacional.

5• Prieto y Zofio (2003) analizan la Cooperación Económica Local desde la perspectiva de la población y la jurisdicción municipal como condicionantes de la provisión.

puerta", en contraste con la infraestructura de tipo "focal" –hub– tal como centros asistenciales, hospitales, parques de bomberos, etc.⁶ El apéndice 1 muestra la obligatoriedad de la prestación y el umbral de población por tipo de obra e infraestructura.

El gráfico 1 y cuadro 1a, presentan la financiación de todas las obras realizadas en infraestructura y equipamientos en el lustro de 2000 a 2004 en la comunidad Autónoma de Castilla y León: 21.940 obras totales, y 20.990 en municipios. Como puede observarse, gráfico 1, la Cooperación Económica para inversiones en municipios es, en promedio, de 358 €/hab., pero con gran influencia según el tamaño. Los municipios hasta 500 hab. tienen una financiación de 1.147 €/hab., frente a menos de 100€/hab. en los municipios mayores de 30.000 hab.⁷

Gráfico 1.
Cooperación Económica para inversiones en municipios (€),
2000 a 2004. Población del Padrón municipal 2004



- 6• Puede consultarse Frank (1989) para una revisión de la literatura desde una perspectiva ingenieril de planificación urbana del uso del suelo y Schmalensee (1978) y López y Salas (2002) para los efectos sobre los costes de distribución de servicios públicos en presencia de monopolio natural y la financiación de servicios públicos locales en territorios con desigual densidad de demanda, respectivamente.
- 7• Esta distribución municipal es consecuencia de la distribución de la infraestructura que, por ejemplo, origina una dotación de casi 165 m² por habitante de infraestructura de calles pavimentadas en los municipios de menos de 100 hab. frente a los aproximadamente 15 m² en los de más de 20.000 hab., lo que incide fuertemente en la cooperación económica destinada a solventar la provisión de infraestructura, a igualdad de déficit.

Las posibilidades de cooperación económica realizada a través de los Fondos de Financiación se muestran en el cuadro 1a. Los municipios reciben financiación de las Diputaciones, Junta de Castilla y León y Admón. Central y, ocasionalmente, otras Entidades. El cuadro 1a además muestra la incompatibilidad legal entre Entidades y Fondos, casilla sombreada. Las filas presentan la financiación de las obras donde ha intervenido el Fondo y las columnas la financiación de cada Entidad.

El cuadro 1a muestra también las posibilidades de racionalización de la Administración Pública si se eliminaran financiaciones compartidas. Las Diputaciones cofinancian el 36,4% del total, 441,5 Mio. de €; consecuencia de que actúan como órgano intermedio de intervención entre la Comunidad Autónoma, y en parte la Administración Central, y los ayuntamientos. Además refleja los resultados de sus competencias más específicas: asistencia, coordinación y fomento para la provisión de servicios públicos municipales. Esta intermediación y tutela ha supuesto 290,22 millones de € (Mio.) de su propio plan –PRO–, que representa el 72,5% de 400,33 Mio. de € dispuestos en este Fondo; en el que han participado la Junta de Castilla y León –23,03 Mio.– y la Administración Central –30,16 Mio.–; es decir, tanto la Administración autonómica como la Central intervienen en los planes propios de las diputaciones.

Cuadro 1a.

Fondos y entidades financiadoras de las obras en infraestructura y equipamientos. Comunidad Autónoma de Castilla y León 2000 a 2004. Millones de € corrientes

Fondos de cooperación	Municipios	Entidades financiadoras					Total obras ^(a)
		Diputaciones	Junta de Castilla y León	Admón. Central Locales	Otras Entidades	Otras Entidades	
FCL	121,10	62,88	221,00	...	12,93	...	417,92
POL	35,23	21,02	...	119,01	175,27
PPC	70,15	67,39	...	82,83	220,38
PRO	51,50	290,23	23,03	30,16	...	5,42	400,33
Total €	277,98	441,53	244,03	232,01	12,93	5,42	1.213,89
(%)	22,90	36,37	20,10	19,11	1,07	0,45	100

(a) Financiación total de las actuaciones en infraestructura y equipamientos (21.940 obras).

Fuente: Prieto y Zofío (2006). Diputaciones Provinciales y Dirección General de Administración Territorial.

FCL.- Fondo de Cooperación Local; POL.- Programa Operativo Local Objetivo 1; PPC.- Planes Provinciales de Cooperación; PRO.- Planes Propios de las Diputaciones.

Pero lo más destacable de esta Cooperación, 1.213,89 millones de €, 486 €/hab. y 891,7 millones de € dedicada a municipios en el lustro, cuadro 1b, reside en la distribución por tamaño poblacional y en su dependencia financiera; que refleja el comentado problema de áreas *desfavorecidas, periféricas y en peligro real de despoblamiento*: municipios menores de 1.000 hab., 87,7%, pero solo 20,3% de población; y, en este caso, 75,9% de las obras y el 57,3% de su coste. De este 57,3% (510,7 millones de €), los municipios hasta 1.000 hab. financian con sus recursos un 28,9% (145,4 millones de €); por lo que su dependencia financiera es del 71,1%. El minifundismo municipal y escasa población se encuentra asociado a un gran número de obras de pequeña dimensión -32.000€/obra- y gran dependencia financiera. Estas magnitudes incitan a profundizar en los principios constitucionales de descentralización y solidaridad a través del tamaño municipal y su nivel competencial; pues ambos, tamaño y jurisdicción, tienen fuertes implicaciones en la cooperación económica⁸. La inclusión del 10,1% de los municipios, 1.000 a 5.000 hab., primer umbral competencial, apenas modifica la elevada dependencia de transferencias de carácter inversor: han sido financiados en el 70% del coste total de sus obras; magnitudes que coinciden con las obtenidas de una muestra de municipios en Aragón por Vallés y Zárata (2011), en su análisis de las disparidades de gasto a través de los presupuestos municipales; y cuya financiación se encuentra más condicionada por la pequeña dimensión de los municipios más que por su localización (municipios de montaña)

8• El tratamiento de ambos principios, en el contexto de eficiencia económica y tamaño óptimo de las unidades territoriales, ha sido abordado por Pérez (1995), quien concluye: "bien pudiera dudarse de las aparentes ventajas económicas y serviciales de nuestro Estado de las Autonomías, dado el esfuerzo financiero que representan para todo el Estado Español, en definitiva para todos los contribuyentes". El actual debate político en torno a la reorganización de los entes locales y su financiación, puede encontrarse en *El País* 17 a 21 de agosto de 2011.

Cuadro 1b.
Financiación de la cooperación económica local.
Millones de € (%), 2000 a 2004

Municipios con financiación	Estructura municipal			Fuentes de financiación de las obras (€)						
	Umbral competencial según LRBRL	Núm. (%)	hab. (2004) (%)	Num. Obras (%)	Total (%)	Muni. (%)	DIP. (%)	JCyL (%)	Admón. Central (%)	Total
<= 1.000 hab.		87,7	20,3	75,9	57,3	28,9	29,5	19,3	22,3	100
1.000 a 5.000		10,1	17,2	18,1	23,8	31,6	26,0	16,3	26,1	100
5.000 a 20.000		1,6	11,3	4,1	9,0	29,5	27,9	13,2	29,3	100
20.000 a 50.000		0,3	6,9	0,8	3,2	54,8	50,9	41,3	33,6	100
hab. >= 50.000		0,4	44,4	1,1	6,7	43,3	4,2	44,8	7,7	100
Total municipios: n.º										
y millones de €.	2.241	2.493.000	20.993	891,7	274,9	234,0	182,7	199,9		
Municipios sin financiación, 7			100	100	30,8	26,2	20,5	22,4		

Perspectiva técnica en la provisión de infraestructura. Eficacia y jerarquía municipal

La cooperación económica local y sus instrumentos son consecuencia de la organización territorial del Estado; donde el municipio es una entidad político-administrativa urbanizada, que puede agrupar una sola localidad o varias, pudiendo hacer referencia a una ciudad, pueblo o aldea. De acuerdo a la LRBRL, se define como una entidad local básica de la organización territorial del Estado y sus elementos son el territorio, la población y su organización. En este contexto, la EIEL permite obtener la necesaria información, cuantitativa y cualitativa, para conocer la realidad técnica de las infraestructuras y los equipamientos municipales, cualquiera que sea la Entidad titular o gestora; por ejemplo, red de alcantarillado así como su estado, clasificado a través de consideraciones técnicas como Bueno, Regular, Malo y en Ejecución.

Con esta información y mediante los principios de gestión e investigación de operaciones, es posible establecer una jerarquía municipal de provisión basada en indicadores sintéticos de la eficacia con que cada municipio gestiona/provee la infraestructura. Prieto y Zofío (2001) desarrollan una metodología para calcular este tipo de indicadores⁹. El indicador sintético municipal, contempla la capacidad relativa que cada municipio, como una unidad de decisión –UD–, tiene de alcanzar la frontera de provisión. La frontera puede definirse, en todo o en parte –mix–, como la formada por aquellas UD's de mejor comportamiento observado y/o por métodos de planificación urbana tales como el "método urbanístico de estándares actualizado"¹⁰. Para ello, se definen sectores y variables de provisión y mediante la utilización de este indicador se aborda el proceso de evaluación de la provisión; que puede utilizarse para informar las propuestas emprendidas por los gestores públicos para financiar y corregir los déficit. La frontera se obtiene mediante métodos no paramétricos derivados del "Análisis Envolvente de Datos" –*Data Envelopment Analysis*¹¹. El modelo que permite obtener un indicador sintético de eficacia con que cada municipio provee infraestructura, es el siguiente:

Denominamos $u = 1, \dots, U$ unidades de análisis (municipios); $m = 1, \dots, M$ provisiones (infraestructura); y_{mu} –cantidad de provisión m en u –; " o " – unidad analizada, u_o . Los gestores se plantean minimizar los déficit de provisión, lo que constituye el objetivo del modelo. Así, se minimiza el déficit de cada variable de provisión, D_{mo} , en el siguiente modelo de programación:

$$\min - \left(\sum_{m=1}^M D_{mo} \right)$$

-
- 9• Se utiliza el concepto de eficacia en el sentido de resultado respecto a objetivos, en contraposición del término eficiencia como relación entre fines y medios (output/input), utilizada en la perspectiva económica de costes, apartado 3. Una discusión sobre estos términos así como la definición de output para la aplicación del análisis económico a la provisión pública: "D-output físico", "C-output-servicio", utilizado en el apartado 3, puede encontrarse en Bramley (1990: C5)
 - 10• El denominado "método urbanístico de estándares actualizado" adopta una perspectiva de oferta de provisión. Se apoya en los principios del urbanismo funcional, que mediante la combinación de escalones jerárquicos urbanos (vecindario, barrio, barrio-ciudad, ciudad, ciudad-región) se establecen recomendaciones sobre parámetros dotacionales, estándares, que deben ofertarse en las unidades territoriales, MFOM (2000)
 - 11• DEA es una metodología desarrollada para medir la eficiencia relativa de un conjunto de unidades de decisión que usan múltiples inputs/outputs. Iniciada por Farrell (1957) y acuñada por Charnes, Cooper y Rhodes (1978)

(1)

s.a. (restricciones del modelo)

$$\sum_{m=1}^M y_m z_u - D_{m0} = y_{m0}, \quad m = 1, \dots, M$$
$$\sum_{u=1}^U z_u = 1,$$
$$z \in \mathfrak{R}_U^+.$$

Siendo posible definir el siguiente indicador sintético de eficacia:

$$E^A(y_0) = \left(1 + \frac{\min - \left(\sum_{m=1}^M D_{m0} / R_m \right)}{M} \right) \cdot 100.$$

Donde $E^A(y_0)$ se encuentra ajustado al rango de las variables de provisión, $R_m^+ = y_m^{\max} - y_m^{\min}$, rango y_m , de forma que está acotado entre cero y uno, y Z_u es la variable de intensidad con que cada u explica u_0 . Si $E^A(y_0)=1$, ninguna variable se encuentra en déficit y el municipio alcanza un 100% de eficacia.

La jerarquía de municipios se establece mediante $E^A(y_0)$. El cuadro 2 presenta la síntesis del proceso de evaluación técnica para La Rioja y el sector de Abastecimiento de agua, así como las 5 variables que definen este sector. Existen 173 municipios EIEL, de los cuales 19 no presentan ningún tipo de déficit (11%). Su población es de 176.576 hab. y la de los municipios con déficit es de 23.326 hab. (13,2%) El cuadro además presenta el índice de (in)eficacia y el peso de cada una de ellas; es decir, qué variable en particular es responsable de que el municipio seleccionado, u_0 , no alcance un nivel de infraestructura sin déficit. La definición de las 5 variables es la siguiente: se ha considerado para la variable *Capacidad de depósitos*, un estándar de 0,2 m³ per cápita (población estacional), para asegurar un suministro mínimo estándar. En cuanto a la *red de distribución en déficit*, se considera la longitud necesaria para atender las viviendas a las que no llega o no tienen red de distribución. Las variables de *estado bueno, regular y mal de la infraestructura*, se refiere al estado de los depósitos, de las conducciones y de la red de distribución¹², respectivamente.

12• Los criterios de valoración de estados Bueno, Regular y Mal son técnicos y se valoran, para la red de distribución, según los siguientes problemas: falta de presión, averías frecuentes, deterioro de los elementos accesorios y pérdidas y fugas. Por ejemplo, la calificación Mal se usa cuando todos los problemas presentan tal deterioro que requieren una reparación inmediata, EIEL, fase de 2005. Manual de instrucciones.

Con relación al conjunto de municipios EEL de La Rioja, el nivel medio de ineficacia es 14,6%, y se encuentra entre un amplio rango que se sitúa entre 0 (un municipio sin ningún tipo de déficit) y aquel que presenta la máxima ineficacia, 68,9%. Según los pesos de cada variable en la ineficacia, el mayor problema se encuentra en el estado de la infraestructura, donde el estado de la red de distribución es responsable del 58,3% de la ineficiencia media, seguido de las conducciones, 19,1%, y depósitos, 15,5%. Así, el peso del déficit de estados es de 92,9%; por el contrario, el peso del déficit físico de infraestructura es de 7,1% (5,6% depósitos y 1,5% red de distribución). En cuanto al municipio analizado, u_o , se observa que el indicador de eficacia es, 80,3% (19,7% de ineficacia). Este indicador sitúa al municipio en la posición 71 de entre los 173 municipios de La Rioja ordenados de mayor a menor eficacia. Su mayor problema se encuentra en la variable física de capacidad de depósitos, pues el 47,9% de la ineficacia se concentra en esa variable; mientras no tiene problemas en el estado de los depósitos, $y_3 = 0,0$ y prácticamente nula en conducciones. El análisis orienta e identifica aquellas variables que exijan mayor atención; tanto en el conjunto de municipios como en cada uno de ellos y puede evaluar, mediante el coste de corregirlos, la inversión necesaria: para el conjunto de municipios, en promedio, el estado de las infraestructuras frente a los déficit físicos de las mismas; lo contrario que para el municipio u_o , donde el déficit físico supone el 70% del peso de la ineficacia.

Cuadro 2.

Eficacia en la provisión de abastecimiento de agua

173 municipios (población* 176.756 hab.); 17 sin déficit (población* 23.326).

Sector S1: Abastecimiento de agua	Indicador de eficacia (%)		Variables que definen el sector Peso relativo del déficit de cada variable, (y_o), en la ineficiencia del sector (%)				
	Eficacia $E^A(y_o)$	Ineficacia $1-E^A(y_o)$	Capacidad de depósitos (y_1)	Red de distribución (y_2)	Estado de la infraestructura (regular y mal)		
$u = 173$ municipios $m = 5$ variables					Depósitos (y_3)	Conducciones (y_4)	Red de distribución (y_5)
Mun # [u_o]	80,3	19,7	47,9	22,1	0,0	3,6	26,4
Máximo	100	0	100	100	100	100	100
Minimo	31,0	68,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Media	85,4	14,6	5,6	1,5	15,5	19,1	58,3
Desviación	12,8	12,8	15,5	9,3	26,9	27,9	40,1

Fuente: elaboración propia. EDIL-Rioja (2009): Programa para la evaluación y desarrollo de las infraestructuras locales.

* Padrón municipal de habitantes de 2007.

La perspectiva económica

En es apartado anterior, perspectiva técnica, se modela el comportamiento de los gestores públicos mediante una medida de la distancia de cada variable respecto a una frontera, sin déficit, y permite cuantificar los déficit físicos de infraestructura y de aquí, el coste y su financiación para resolverlos. Pero no obstante, esta financiación no supone una recomposición territorial a escala local en sí misma. A efectos de optimizar los recursos dedicados a la provisión de infraestructura, la información facilitada por el modelo no indica nada más que una ecuación de las necesidades detectadas en cada municipio sin plantearse una posible reasignación de los recursos involucrados¹³. Esta reasignación, se incardina con la búsqueda de una ordenación más eficaz del territorio, que como expone Gómez (2002), en sus diversas perspectivas desde las que abordar su ordenación, la perspectiva económica, genéricamente, propone el uso del espacio según criterios de rentabilidad, frente a la ruralista y la ambiental, donde se consideran factores adicionales al rendimiento de la inversión y precio de mercado de los recursos. Aunque los modelos de cada una de estas perspectivas pueden originar una determinada distribución de la población en núcleos ya existentes y/o en nuevos asentamientos, desde la económica se ha favorecido un desequilibrio poblacional, tipo centro-periferia, que desestructura el territorio local basado en las fronteras institucional y funcional (producción y oferta); pero que en su dinámica, origina problemas de congestión: muy altas densidades de población. No obstante, la dinámica de este proceso, el abandono de la periferia debido a la desvitalización del tejido rural, que Cloke (1985) denomina "circulo vicioso de despoblamiento", origina muy bajas densidades sin un nivel mínimo de concentración demográfica y dimensión municipal, pero con exceso de infraestructura; mientras el reflujó del centro origina un desarrollo urbano extensivo con mayores necesidades de infraestructura, Carruthers (2002), que desborda las fronteras institucionales y puede formar "ciudades difusas" y nuevas tipologías de espacios rurales en función de la diversidad de los territorios (Comisión Europea, 2001).

13• El Real decreto 1328/1997, que sustituye al RD 655/90 (*inicio del Operativo Local*) como norma para la cooperación económica, considera que ya se han corregido los desequilibrios intermunicipales relativos a la dotación de infraestructura, por lo que desaparecen las acciones dirigidas a comarcas y zonas con mayor déficit.

Para la provisión de bienes públicos locales, Tiebout (1956) ponía de manifiesto las tensiones provocadas entre demandantes y gestores debido al tamaño de la jurisdicción y la dimensión espacial de los servicios proporcionados por la infraestructura. La investigación del tamaño óptimo de una entidad político-administrativa urbanizada, ha sido el centro de muchos debates y controversias sobre fusiones basados en conceptos de economías derivadas del tamaño, contrarrestadas por la mayor rigidez de las burocracias, Dollery y Fleming (2006); y aunque pueda no existir una dimensión óptima debido al carácter funcional y multidimensional de la entidad de provisión, hay un amplio acuerdo sobre la necesidad de un número mínimo de habitantes (escala) y de densidad territorial imprescindible para reducir costes, Conklin (2004), Caramés (2002)¹⁴.

En este contexto de escala, la literatura empírica sobre servicios es muy amplia. Para los servicios intensivos en capital, tales como los derivados de la infraestructura física de abastecimiento de agua, redes de saneamiento y alcantarillado y superficie urbana viaria, pueden existir significativas economías de escala si el coste de los activos fijos se extienden a mayor número de usuarios (población o viviendas)¹⁵. Desde esta perspectiva, la reforma estructural mediante fusión, o mediante consorcios y mancomunidades, puede recoger las economías de escala debidas a mayores tasas de utilización de los activos fijos del municipio y oportunidades para explotar los beneficios de la especialización. Las deseconomías provienen de dificultades organizativas por la despersonalización entre residentes y su municipalidad. Hughes y Edwards (2000) muestran, mediante métodos no paramétricos, tal como el utilizado en el apartado anterior, que la fuerza dominante de ineficiencia es la inapropiada escala de operaciones o el tamaño de la jurisdicción. En cuanto al efecto de la densidad sobre el coste de provisión absoluto o medio (per cápita o por vivienda), la cuestión de hasta qué nivel de densidad ocurre el ahorro de costes es una cuestión empírica y dependerá de múltiples factores; si bien existe escasa literatura referida a servicios y casi inexistente respecto a provisión física de la infraestructura analizada. El trabajo pionero de Ladd (1992) encuentra

-
- 14• De un lado, el reconocimiento de estas tensiones para satisfacer las demandas con criterios de proximidad al usuario y, de otro lado, la idea de una mínima escala de operaciones como exigencia básica de eficacia y eficiencia, que requieren una relación adecuada entre la oferta dotacional y la cantidad de población demandante, se encuentran omnipresentes en las Directrices de Ordenación del Territorio de Castilla y León, Ley 10/1998, de 5 de diciembre, Junta de Castilla y León (2000).
 - 15• Una amplia revisión de la literatura sobre economías de escala y de densidad para estas provisiones intensivas en capital puede consultarse en Prieto, Zofío y Álvarez (2009), que introducen explícitamente la densidad como variable explicativa.

que el aumento en la densidad de población decrementa los costes, pero solamente a muy bajos niveles de densidad, lo que concuerda con los análisis de ingenieros y planificadores.

La perspectiva formal de provisión de infraestructura local, sobre todo, en lo que respecta a la autonomía de los municipios para organizar y gestionar la población y el territorio ha dado lugar, en cada jurisdicción concreta, a una dotación de suelo de naturaleza urbana que según la definición del Catastro Inmobiliario, es un suelo ya transformado por contar con los servicios urbanos establecidos por la legislación urbanística o, en su defecto, por disponer de acceso rodado, abastecimiento de agua, evacuación de aguas residuales y suministro de energía eléctrica (<http://catastro.meh.es/>). En este contexto, por ejemplo, el ahorro de infraestructura puede originarse cuando la población aumenta debido al aumento de viviendas sobre la misma superficie –crecimiento urbano concentrado. No obstante, si el aumento de población (y de viviendas), está asociado a mayor número de asentamientos urbanos (núcleos), lo que implica aumentar el área de provisión, puede experimentar deseconomías. Por tanto, modelos de desarrollo urbano extensivo pueden conducir a mayor necesidad de infraestructura¹⁶. Bajo este razonamiento surgen cuatro dimensiones para el análisis de las economías de escala y la influencia de la densidad de los asentamientos urbanos: la población, las viviendas, la superficie urbana y el número de núcleos de la circunscripción de provisión¹⁷. En el anexo 2 se muestra el diagrama para modelar las economías mencionadas.

Como "proxy" del coste se obtiene el stock de infraestructura de cada municipio. Para ello, se elabora una base de precios que recoge el precio de cada una de las variables físicas de provisión, definidas técnicamente mediante la EIEL (pavimentación, redes, alumbrado, etc.) Esta Base, tiene como objetivo recoger empíricamente qué ocurre dentro de un área urbana; es decir las condiciones objetivas basadas en la morfología urbana del territorio, que configura la infraestructura municipal de tipo red provista puerta a puerta. La elaboración se basa en las características técnicas de una *Unidad de Obra* a ejecutar; obteniendo el valor de las variables físicas que componen

16• En el sector de abastecimiento de agua, García y Tomas (2003) usan el número de comunidades servidas, Mizutani y Urakami (2001) la longitud de las tuberías y Kim y Clark (1988) la longitud de las líneas de transmisión.

17• El modelo podría incluir además la cooperación local como restricción presupuestaria, pero la información disponible de solo un lustro, ver cuadro 1a, no permite separar las transferencias corrientes de las de capital, y sobre todo, las dedicadas a infraestructura de las de equipamientos, por lo que se asume que satisface endógenamente desde una perspectiva teórica.

cada sector de provisión, sin considerar para ello aquellos elementos que legalmente o por el avance de los sistemas constructivos han quedado obsoletos. La base recoge la tecnología de "mejor práctica técnica observada en el mercado" y genera un efecto normalizador al unificar criterios, códigos y conceptos en el marco de actuación del Plan de Obras del municipio. Es también un instrumento de información a efectos de financiación para nuevas provisiones y reparación de las existentes. Su estructura puede considerarse vigente en un periodo aceptable para posteriores análisis, si la tecnología no cambia en el mismo. El anexo 3 presenta el precio de la infraestructura de red de distribución de agua y las fuentes de información para la ponderación de tareas en los municipios.

Economías de escala y densidad óptima municipal

La función de costes translogarítmica

La perspectiva económica se analiza a través de una función de costes con la que determinar las economías de escala y el efecto de la densidad sobre los costes de provisión. Consideramos una función de costes translogarítmica, Christensen *et al.* (1971, 1973)¹⁸ Para cada uno de los sectores considerados se busca el óptimo en la función de costes (3), que incorpora el coste de provisión de la infraestructura (C) como la variable dependiente y los siguientes regresores: i) los destinatarios de la infraestructura, outputs, Y_g , son población y vivienda (Y_1 e Y_2); ii) precios de la infraestructura, inputs o variables físicas de provisión, P_i ; y iii) dos variables de densidad, Z_k , de control de la infraestructura, representadas por el número de núcleos, Z_1 y el tamaño del área urbana, Z_2 .

Dadas las anteriores variables, la función de costes translogarítmica presenta la expresión¹⁹:

-
- 18• La descripción de este tipo de función, como la forma funcional flexible más utilizada en el trabajo empírico, puede verse en Greene (1999:599)
 - 19• 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:

$$\sum_{i=1}^P \beta_i = 1; \quad \sum_{j=1}^P \beta_{ij} = 0, \quad j = 1, \dots, P; \quad \sum_{g=1}^Y \phi_{gi} = 0, \quad g = 1, \dots, Y; \quad \sum_{k=1}^Z \omega_k = 0, \quad k = 1, \dots, Z$$

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

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

$$\begin{aligned}
 \ln C = & \alpha_0 + \sum_{g=1}^Y \alpha_g \ln Y_g + \sum_{i=1}^P \beta_i \ln P_i + \sum_{k=1}^Z \delta_k \ln Z_k + \\
 & + \frac{1}{2} \left[\sum_{g=1}^Y \sum_{h=1}^Y \alpha_{gh} \ln Y_g \ln Y_h + \sum_{i=1}^P \sum_{j=1}^P \beta_{ij} \ln P_i \ln P_j + \sum_{k=1}^Z \sum_{l=1}^Z \delta_{kl} \ln Z_k \ln Z_l \right] + \\
 & + \sum_{g=1}^Y \sum_{i=1}^P \phi_{gi} \ln Y_g \ln P_i + \sum_{g=1}^Y \sum_{k=1}^Z \theta_{gk} \ln Y_g \ln Z_k + \sum_{i=1}^P \sum_{k=1}^Z \omega_{ik} \ln P_i \ln Z_k.
 \end{aligned} \tag{3}$$

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

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

donde X_i y S_i son, respectivamente, la cantidad física del stock de provisión y la proporción que representa el gasto de la variable de provisión o inputs i , sobre el coste total, el conjunto de ecuaciones de demanda de factores es:

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

Una vez ultimado el proceso de estimación de la función de costes²⁰, es posible indagar sobre la existencia y magnitud de las economías de escala –EE– y el efecto de la densidad sobre el coste de provisión. La definición específica que realizamos de las economías de escala informa de la variación que se produce en el coste de provisión ante variaciones en igual proporción en las variables Y_g , $g=1, 2^i$ relativas a la cuantía de población (Y_1) ó vivienda (Y_2):

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

- 20• El sistema de ecuaciones formado por la función de costes (3) y de demanda de factores (5) puede estimarse mediante técnicas de máxima verosimilitud, o mediante su equivalente 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. 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. El soporte informático ha sido el programa STATA.

de forma que si el valor es superior, igual o inferior a la unidad se observan economías crecientes, constantes y decrecientes (deseconomías) a escala. Si $EE > 1$, el coste de provisión crece a menor ritmo que la población y las viviendas, de forma que el coste medio per cápita o por vivienda, disminuye. Así, aumentar el tamaño poblacional y viviendas a la par que se mantiene constante el número de núcleos y la superficie urbana, lo que supone *de facto* aumentar la densidad según lo expuesto en el anexo 2 (por ejemplo, incentivando un urbanismo menos disperso y en altura), conlleva un ahorro de costes por habitante o por vivienda.²¹

El objetivo final es determinar la densidad asociada a la escala óptima de provisión. La propuesta de Mizutani y Urakami (2001) para determinar la escala óptima de producción (provisión) es minimizar el coste medio, $CMd=C/Y_1$, que puede generalizarse al caso de g productos. Siendo Y_g la cuantía de población (Y_1) ó vivienda (Y_2), es posible obtener la función de coste medio tomando antilogaritmos de (3) y dividiendo por la población Y_1 ; pues, junto con Z_2 , tamaño del área urbana, son las variables clave para la gestión municipal de la infraestructura:

$$\begin{aligned}
 CMd_{Y_1} &= C/Y_1 = (1/Y_1) \cdot \exp(\ln C) = \\
 &= (1/Y_1) \cdot \exp \left[\alpha_0 + \sum_{g=1}^Y \alpha_g \ln Y_g + \sum_{i=1}^P \beta_i \ln P_i + \sum_{k=1}^Z \delta \ln Z_k + \right. \\
 &+ \frac{1}{2} \left[\sum_{g=1}^Y \sum_{h=1}^Y \alpha_{gh} \ln Y_g Y_h + \sum_{i=1}^P \sum_{j=1}^P \beta_{ij} \ln P_i P_j + \sum_{k=1}^Z \sum_{l=1}^Z \delta_{kl} \ln Z_k \ln Z_l \right] + \\
 &\left. + \sum_{g=1}^Y \sum_{i=1}^P \phi_{gi} \ln Y_g \ln P_i + \sum_{g=1}^Y \sum_{k=1}^Z \theta_{gk} \ln Y_g \ln Z_k + \sum_{i=1}^P \sum_{k=1}^Z \omega_{ik} \ln P_i \ln Z_k \right]
 \end{aligned} \tag{7}$$

21• 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 *et al.* (1984, 1985) La razón reside en que estos autores, para las economías de escala, no mantienen constante la densidad –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, ver gráfica del modelo en anexo 2. No obstante, la definición adoptada de EE (6) como la inversa de la suma de las elasticidades, solo afecta a su interpretación numérica y no cambian las conclusiones. Dado que para la estimación del sistema (3) y (5), todas las variables han sido normalizadas por su media, el logaritmo de cada una de ellas es nulo en su media. Así, todos los términos de (6) desaparecen, excepto

$$\sum_{g=1}^Y \alpha_g$$

Diferenciando (7) con respecto a la primera variable de provisión, Y_1 , e igualando a cero, obtenemos la condición de primer orden para obtener el mínimo:

$$\frac{\partial CMd_{1k}}{\partial Y_1} = \frac{\partial(C/Y_1)}{\partial Y_1} = (1/Y_1^2) \cdot \left[\exp(\ln C) \cdot \left[\alpha_1 + \alpha_{11} \ln Y_1 + \sum_{h=1}^{Y-1} \alpha_{1h} \ln Y_h + \sum_{i=1}^P \phi_i \ln P_i + \sum_{k=1}^Z \theta_{1k} \ln Z_k \right] - \exp(\ln C) \right] = 0 \quad (8)$$

Mientras se cumple que $Y_1 > 0$ y $\exp(\ln C) > 0$, el coste medio mínimo implica:

$$\alpha_1 + \alpha_{11} \ln Y_1 + \sum_{h=1}^{Y-1} \alpha_{1h} \ln Y_h + \sum_{i=1}^P \phi_i \ln P_i + \sum_{k=1}^Z \theta_{1k} \ln Z_k - 1 = 0 \quad (9)$$

Siguiendo el mismo procedimiento podemos obtener la expresión del óptimo para la variable de densidad Z_2 que minimiza el coste medio. La contrapartida a (9), correspondiente a la condición de primer orden para Z_2 , $\partial CMd_{2g} / \partial Z_2 = \partial(C/Z_2 / \partial Z_2)$ es:

$$\delta_2 + \delta_{22} \ln Z_2 + \sum_{l=1}^{Z-1} \delta_{2l} \ln Z_l + \sum_{g=1}^Y \theta_{g2} \ln Y_g + \sum_{i=1}^P \omega_{i2} \ln P_i - 1 = 0 \quad (10)$$

El sistema formado por las ecuaciones (3) y (5) se resuelve bajo el supuesto de que permanecen constantes en la media las variables no optimizadas, por ejemplo los precios P_i ; y las ecuaciones (9) y (10) conjuntamente determinan la ratio de densidad óptima Y_1/Z_2 (hab./km²).

Finalmente, y conjuntamente con el tamaño óptimo obtenido según el procedimiento anterior, es posible también hacer uso de la expresión del coste medio (7) al objeto de determinar qué efecto tendría sobre el coste por habitante (per capita) o vivienda (Y_g , $g = 1, 2$) el aumento (reducción) de la densidad mediante la reducción (aumento) del número de núcleos o la superficie urbana (Z_k , $k = 1, 2$); por ejemplo, el efecto sobre el coste medio per capita de reducir el número de núcleos, Z_1 . Para cualquier par de estas variables el efecto, favorable o desfavorable, viene asociado al signo de la derivada $\partial CMd_{1g} / \partial Z_k = \partial(C/Y_g) / \partial Z_k$.

Con un desarrollo equivalente al realizado para obtener (8), se obtiene que $\partial CMd_{1g} / \partial Z_k = \partial(C/Y_g) / \partial Z_k = 1/Y_g Z_k \cdot [\exp(\ln C) \cdot \partial \ln C / \partial \ln Z_k] = 1/Y_g Z_k \cdot [\exp(\ln C) \cdot \partial \ln C / \partial \ln Z_k]$. Dado que en esta expresión Y_g , Z_k y $\exp(\ln C)$ son positivos, y sabiendo que $\partial \ln C / \partial \ln Z_k = \delta_k$ una vez que la expresión se evalúa en la media muestral, el signo de $\partial CMd_{1g} / \partial Z_k$ se corresponde con el del parámetro asociado a la variable de densidad. De esta forma, si $\partial \ln C / \partial \ln Z_k = \delta_k > 0$, reducir el número de núcleos, Z_1 , o la superficie urbana, Z_2 aumentando la densidad en el territorio (es decir interpretando la derivada con signo

negativo), reduce el coste medio de provisión por habitante o vivienda, mientras que si $\partial \ln C / \partial \ln Z_k = \delta_k < 0$, se obtendría el resultado opuesto.

Numéricamente, y evaluando $\partial CMd_{y_g} / \partial Z_k$ en la media muestral, se obtienen que $1/Y_g Z_k = 1$, $\exp(\ln C) = \exp(\alpha_0)$ y, como se ha adelantado previamente para interpretar el signo, $\partial \ln C / \partial \ln Z_k = \delta_k$, de forma que sustituyendo estas expresiones se obtiene que

$\partial CMd_{y_g} / \partial Z_k = \exp(\alpha_0) \cdot \delta_k$; es decir, el valor de la derivada parcial se aproxima al de la elasticidad de costes respecto a las variables de densidad, ponderado por el exponente del término independiente, α_0 , de (3).

Resultados de la estimación

La estadística descriptiva y los resultados del sistema de ecuaciones correspondiente a cada sector se presentan en el Anexo 5a y 5b, respectivamente²². Se observa que el ajuste del modelo es el adecuado, en función de los valores del test *F* de significatividad y el *R-cuadrado*. El valor de los coeficientes asociados a población (Y_1) y vivienda (Y_2) es positivo y significativo e inferior a la unidad, lo que nos confirma la existencia de economías a escala, ya que incrementos en alguna de estas variables en un uno por ciento incrementaría el coste en menor proporción. Obsérvese que este incremento, al mantener las variables relativas al número de núcleos, Z_1 , y a la superficie, Z_2 , constantes, se corresponde con un incremento en la densidad. Por su parte, los valores de dichos coeficientes difieren en los distintos sectores como consecuencia de sus diferentes características tecnológicas contempladas en la base de precios.

Respecto a las elasticidades de precios, P_i , estas no hacen sino replicar de forma adecuada el peso mostrado por cada variable en las ecuaciones de su participación en el coste, ecuación (5), según la estadística del Anexo 5a. Por último, resaltamos que las características de la provisión, Z_k , también presentan los signos esperados, y significativos, en los tres sectores; de forma que un incremento en el número de núcleos (Z_1) y en la superficie urbana (Z_2) incrementaría el coste de provisión. No obstante, obsér-

22• La muestra para S1 y S3 abarca municipios de hasta 40.000 hab. El universo EIEL, se refiere a municipios de hasta 50.000 hab. Se han eliminado los municipios donde alguna de las variables en sus núcleos no ha sido inventariada o tiene un manifiesto error de dato. Para S2, además, los municipios considerados han sido los denominados por consenso en España como rurales (de hasta 10.000 hab.) La estimación de la variable caudal de desagüe, junto con el caudal tratado, tiene una gran dispersión entre ellas y por tamaño municipal. Así, solo hemos encontrado estimaciones adecuadas para 1.139 municipios pertenecientes a este grupo de municipios rurales. La información descriptiva de núcleos y densidades se encuentra en el Anexo 4.

vese que en este caso el incremento se corresponde con una reducción en la densidad de población pues incrementa el número de núcleos y superficie manteniendo constante la población y vivienda. Al objeto de mostrar cómo evoluciona el coste medio por habitante o vivienda cuando se *incrementa* la densidad, es decir, se reduce Z_1 (número de núcleos) y Z_2 (área urbana) es necesario interpretar las elasticidades calculadas con signo negativo según lo expuesto al final del epígrafe anterior.

Según las especificaciones presentadas, el cuadro 3 muestra las economías de escala (EE) –ecuación (6)– y el efecto de las variables de densidad sobre el coste medio, por rangos de densidad de población: hab./km² (Y_1 / Z_2). La existencia y magnitud de las economías de escala ha sido contrastada no solo para la totalidad de municipios sino también para los tres cuantiles –terciles– en que se divide la muestra en función de la densidad de población.

Los resultados obtenidos muestran que existen economías de escala crecientes y significativas en los tres sectores analizados. Un valor EE superior a la unidad implica rendimientos a escala crecientes, lo que significa que un incremento del uno por ciento en el stock de infraestructura satisface las necesidades de más de un uno por ciento en términos de habitantes y viviendas. Dividiendo la muestra en terciles, T_1 , observamos como las economías de escala decrecen a medida que se incrementa la densidad de población. Por ejemplo, para el sector S1, $EE = 1,659$, que es resultado de la ecuación (6): $1/(0,213+0,390)$ (anexo 5b y nota 21)

Los parámetros asociados a las variables de densidad muestran también valores elevados y significativos, lo que implica una elevada reducción en los costes medios de provisión per capita o por vivienda cuando se incrementa la densidad al reducirse el número de núcleos y la superficie urbana. Según las expresiones establecidas en el apartado anterior para determinar el efecto densidad, una reducción del uno por ciento en el número de núcleos Z_1 , permite reducir el coste medio por habitante (per capita) o vivienda en el sector S1 en una cuantía similar a la de esta elasticidad de los costes, i.e. $\partial CMd_{y_g} / \partial Z_1 = \exp(\alpha_0) \cdot \delta_1 = 1,08 \cdot 0,152 = 0,164$ y, de forma similar, es posible ver el efecto asociado a una menor superficie urbana, $\partial CMd_{y_g} / \partial Z_2 = \exp(\alpha_0) \cdot \delta_2 = 1,08 \cdot 0,201 = 0,217$ (anexo 5b). Resultados similares se obtienen para el resto de sectores.

Cuadro 3.
Economías de escala por rangos de densidad de población (hab./km²)

S1. Abastecimiento de agua		S2. Saneamiento y depuración		S3. Pavimentación y alumbrado	
Rangos	Economías de Escala (EE)	Rangos	Economías de Escala (EE)	Rangos	Economías de Escala (EE)
Total municipios (n.º = 1.793)	1,659 (0,041)*	Total municipios (n.º = 1.139)	2,027 (0,044)*	Total municipios (n.º = 1.311)	5,312 (0,078)*
Tercil 1, T1	1,289 (0,155)*	T1 y T2	3,011 (0,082)*	T1 y T2	20,091 (0,308)*
Tercil 2, T2	1,136 (0,390)*	T3	1,311 (0,473)*	T3	2,409 (0,253)*
Tercil 3, T3	1,008 (0,387)*				

Fuente: elaboración propia.

Notas: Errores estándar entre paréntesis (véase Bohrnstedt y Goldberger (1969) para más detalles).

*Parámetro significativo al 5%.

La evolución decreciente de los costes medios como consecuencia de explotar la economías de escala existentes, conjuntamente con una mayor densidad de la población y la viviendas en el territorio, que hacen que esta última magnitud se reduzca aún más, sugiere que para mejorar la eficiencia económica de la provisión de infraestructura básica en ambientes rurales como el presente, sería necesario aumentar el número de habitantes y viviendas en los municipios, favoreciendo además desarrollos menos dispersos y compactos (reduciendo el número de núcleos) a la par que se fomenta la vivienda en altura frente a la individual (reducción en la superficie urbana).

Precisamente, la reducción que se observa en las economías de escala a medida que se incrementa el tamaño de los municipios, sugiere que en el rango en el que se agotan dichas economías se encuentra el tamaño óptimo que proporciona el mínimo coste medio (menor stock por habitante). Resolviendo las ecuaciones (9) y (10) conjuntamente obtenemos esta densidad, que se presenta en el cuadro 4, junto con la máxima densidad en cada uno de los terciles, T, en que se divide la muestra y el número de municipios que se encuentran por debajo del óptimo.

*Cuadro 4.
Densidad óptima de población (hab./km²)
en la provisión de infraestructura básica*

Sector	Densidad óptima	T1	T2	T3	# municipios por debajo de la densidad óptima
S1. Abastecimiento de agua	3.098,4	1.566,4	2.232,5	5.175,8	1.612 (89,9%)
S2. Saneamiento y depuración	4.429,7	2.445,4	3.340,4	5.097,2	1.038 (91,1%)
S3. Pavimentación y alumbrado	2.801,0	1.943,9	2.545,6	8.503,2	995 (75,9%)

Fuente: elaboración propia.

Los resultados muestran que el valor de la densidad que se obtiene en el sector de abastecimiento de agua (S1) es de 3.098 habitantes/km², mientras que en los sectores de saneamiento y depuración (S2) y pavimentación y alumbrado (S3) es de 4.430 y 2.801, respectivamente. También puede observarse cómo estos valores se sitúan en el rango superior de la distribución, y que la mayor parte de los municipios de Castilla y León se caracterizan por densidades muy inferiores a las deseables, si la provisión de la infraestructura analizada tuviera únicamente como referencia el paradigma de racionalidad económica coste-eficiencia. Así lo muestra también el porcentaje de municipios que se encuentran por debajo de estas densidades. Cabe destacar que la variable de densidad de población respecto de la superficie urbana representa uno de los principales objetivos en la planificación urbana. Los resultados se encuentran próximos a lo definido para una "unidad de barrio" por MFOM (2000: 28), en sus acotaciones y aportaciones teóricas sobre ámbitos urbanos; donde la población se sitúa en torno a 5.000 hab. y densidad de 4.000 hab./km²; lo que articularía un ámbito urbano mínimo de provisión de infraestructura básica.

Conclusiones

Este artículo analiza la Cooperación Económica Local destinada a financiar la provisión de infraestructuras y equipamientos y la influencia de las economías de

escala y las derivadas del efecto densidad en la provisión de infraestructura básica local (abastecimiento de agua, saneamiento y depuración y pavimentación y alumbrado). Cuantifica los problemas derivados del despoblamiento analizando cómo el tamaño de los municipios (unidades político-administrativas encargadas tanto de la ordenación de su territorio y población como de la provisión de infraestructura), tiene importantes implicaciones sobre su financiación, gestión y costes. Para ello, propone una metodología para obtener indicadores sintéticos de déficit de provisión mediante la Encuesta de Infraestructura y Equipamientos Local de La Rioja, como guía para la distribución de la cooperación; que no obstante no es más que una ecuación de las necesidades detectadas en cada municipio, sin plantearse una posible reasignación de los recursos municipales. A continuación, aborda cómo influyen la dimensión y el efecto derivado de reducir la superficie urbana y el número de núcleos (efecto densidad) en el ahorro de infraestructura. Se elabora una base de precios unitarios de cada tipo de infraestructura para los municipios de Castilla y León, que representan el 27,5% de los municipios españoles, y se obtiene el stock de infraestructura municipal, que combinado con la población, las viviendas el número de núcleos y la superficie urbana, permite detectar la magnitud de las economías de escala y las densidades más adecuadas (u óptimas) para la provisión de la infraestructura considerada. Ello puede orientar la toma de decisiones en los distintos niveles de organización administrativa, para la financiar y gestionar la infraestructura destinada a corregir los déficit y evaluar ordenaciones del territorio asociadas a los costes derivados de la fragmentación administrativa municipal y sistema urbano poco estructurado. La ley de Ordenación del Territorio de Castilla y León reconoce en su exposición de motivos esta situación; fundamentando la iniciativa legal en que los requisitos de "eficacia, celeridad y austeridad del servicio público exigen como premisa un mayor esfuerzo de coordinación y planificación administrativa"... "pero sin condicionar la formalización de comarcas u otros entes funcionales", supramunicipales, ni otras entidades de mayor dimensión.

La investigación, en el contexto de esta infraestructura básica, obtiene como resultado la existencia de significativas economías de escala, reforzadas por el aumento de densidad debido a la disminución del número de núcleos y de la superficie urbana; lo cual supone importantes consecuencias relativas a la magnitud del sobrecoste en proveerla, y concuerda con algunos de los resultados derivados de la revisión bibliográfica. En efecto, la magnitud de las economías de escala son significativamente mayores que la unidad, lo que implicaría, que un incremento del uno por ciento en el stock de infraestructura satisface las necesidades de más de un uno por ciento en términos de habitantes y viviendas. Los parámetros asociados a las variables

de densidad, número de núcleos y superficie urbana, muestran también valores elevados y significativos, lo que también implica una elevada reducción en infraestructura básica per capita o por vivienda, cuando se incrementa la densidad si se redujera el número de núcleos y la superficie urbana.

El paralelismo con otros resultados, centrados en servicios, reside en favorecer la ordenación del territorio que promueva mayores tamaños municipales basados en reducir asentamientos urbanos e incrementar su densidad. Aprovechar las economías de escala, reforzaría las normativas urbanísticas que implican una mayor concentración de población y viviendas en el área urbana, por ejemplo, en lo referente a las normativas urbanísticas autonómicas y municipales para definir estándares y parámetros mínimos de dotación, en la línea planteada en la publicación: *La ciudad y los ciudadanos*, Ministerio de Fomento, Dirección General de la Vivienda, la Arquitectura y el Urbanismo, MFOM (2000); donde propone la "unidad de barrio" como el primer escalón urbano adecuado, superior al vecindario, para articular un ámbito urbano mínimo de provisión; con población y densidad próximas a las alcanzadas en este trabajo: población en torno a 5.000 hab. y densidad de 4.000 hab./km²; y en sintonía con Fluvià *et al.* (2008:113) para provisión de servicios locales, "que los costes per capita sean mayores en el pueblo tiene que ver más ... con el espacio que con el tamaño de población: que el pueblo está más lejos o que tenga más núcleos distintos y dispersos a los que proveer, por ejemplo".

Con relación a ello, densidad, el efecto positivo de incrementarla sugiere que, dentro de un mismo municipio, el aumento de población en un único núcleo urbano y urbanismos más concentrados (por ejemplo, incentivando urbanismos menos dispersos y en altura, y en núcleos en torno a 5.000 habitantes), contribuiría de forma decisiva a reducir el stock de infraestructura per capita asociada al abastecimiento y depuración de agua y superficie viaria urbana. En efecto, la cuantificación de ello queda reflejada por comparación del Anexo 4 –información descriptiva de núcleos y densidades–, con el cuadro 3 de economías de escala por rangos de densidad de población y también con el anexo 4 de densidades. La densidad urbana observada es de 1.670,4 hab./km², con mínimo de 40 y máximo de 13.507; comparada con densidades desde 2.800 a 4.500, donde se alcanza el mínimo de coste. Así pues, la reducción del número de núcleos y de superficie urbana ahorraría infraestructura en la actual ordenación administrativa territorial.

Obviamente, de estas conclusiones podría inferirse una redistribución de la población al objeto de explotar las economías de escala; pero ello se contrapone al derecho del individuo a escoger su lugar de residencia. Por tanto, solo se pretende mostrar el sobrecoste que conlleva la actual ordenación del territorio rural y semiur-

bano en Castilla y León, consecuencia del proceso de ocupación del espacio. Es por ello que su aplicación moderada relativa a las recomendaciones sobre ordenación del territorio, podría dirigirse hacia nuevos desarrollos urbanísticos, bien en una actual circunscripción de prestación (municipio y sus núcleos) o en nuevos asentamientos, cuya planificación puede beneficiarse con este estudio y sus conclusiones extrapolarse a otras partes del Estado (en cierto modo a Aragón y Castilla La-Mancha) Si bien resulta evidente la necesidad de un enfoque multidisciplinar para ello (no se pretende un "reducionismo economicista"), la perspectiva económica constituye una vertiente importante, dada la magnitud económica involucrada en la provisión de infraestructura local. En efecto, los municipios pequeños y la baja densidad, muestran una necesidad de financiación del 30% de su inversión, tanto en los presupuestos municipales (Vallés y Zárate, 2011) como en las obras de infraestructura emprendidas por y para los municipios analizadas en este trabajo (21.940 obras); cuya financiación a través de la Cooperación Local (1.214 millones de €), supone alrededor del 4% del PIB de Castilla y León en el lustro analizado.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado con el apoyo económico del Ministerio de Educación y Ciencia, proyecto SEJ2006/1482/ECON y de la Junta de Castilla y León a través de la Dirección General de Administración Territorial. Para el tratamiento de la información se ha elaborado el programa EDIL –Evaluación y Desarrollo de Infraestructuras Locales– en colaboración con la empresa CYLSTAT, S.L. Agradecemos a los servicios técnicos de las Diputaciones, encuadrados en Planes de Cooperación Local, por la ayuda técnica en la elaboración de la Base de Precios de Infraestructura Local. También a los participantes en el I Encuentro Sobre Despoblación y Reestructuración Rural (Teruel, 25 y 26 de noviembre de 2010), y a los evaluadores anónimos de Ager, por sus comentarios y sugerencias para mejorar el trabajo.

Referencias

- Bohrnstedt, G., and Goldberger, A. (1969): "On the exact covariance of products of random variables", *American Statistical Association Journal*, 64 (328), 1, pp. 439-442.
- Bramley, G. (1990): *Equalization grants and local expenditure needs: the price of equality*, Averbury. Aldershot, England.
- Caramés, L. (2002): *Hacienda local y territorio: consideraciones en torno a la dimensión de los municipios*. Universidad Complutense de Madrid. Fundación General. Cursos de verano de El Escorial 2002.
- Carruthers, J.I. (2002): "The impacts of state growth management programmes: a comparative analysis", *Urban Studies*, 39 (11), pp. 1956-1982.
- Caves, D.W., Christensen, L.R., and Trethway, M.W. (1984): "Economies of density versus economies of scale: why trunk and local service airline costs differ", *Rand Journal of Economics*, 15, pp. 471-489.
- , —, — and Windle, R.J. (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*, New York, Cambridge University Press.
- Charnes, A., Cooper, W.W., and Rhodes, E. (1978): "Measuring the efficiency of decision making units", *European Journal of Operational Research*, 2, pp. 429-444.
- Christensen, L.R., Jorgenson, D., and Lau, L.J. (1971): "Conjugate duality and the transcendental logarithmic production function", *Econometrica*, 39, pp. 255-256.
- , — and — (1973): "Transcendental logarithmic production frontiers", *Review of Economics and Statistics*, 55, pp. 28-45.
- Cloke, P.J. (1985): *Rural Planning. Policy in action?* London, Harper and Row.
- Comisión Europea, (2001): *Segundo informe sobre la cohesión económica y social*. Oficina de publicaciones oficiales.
- Conklin, G.H. (2004): "Article Review: Population growth, density and the costs of providing public services", *Sociation Today*, 2, 1, Spring 2004.
- Dollery, B., and Fleming, E. (2006): "A conceptual note on scale economies, size economies and scope economies in Australian Local Government", *Urban Policy Research*, 2, pp. 271-282.
- and Crase, L. (2004): "Is bigger local government better? An evaluation of the case for Australian Municipal Amalgamation Programs", *Urban Policy Research*, 22, 3, pp. 265-275.
- EDIL-Rioja. (2009): *Programa para la evaluación y desarrollo de las infraestructuras locales. Gobierno de La Rioja. Administraciones Públicas y Política Local*. Dirección General de Política Local (herramienta desarrollada por CYLSTAT, S.L.)

- Escalona A., y Díez C. (2005): "Retos y problemas de la accesibilidad a servicios en zonas desdobladas: un caso en la provincia de Teruel (España)", *Geo Crítica (Scripta Nova)*, IX, 188.
- Farrell, M. (1957): "The measurement of productive efficiency", *Journal of the Royal Statistical Society*, 120, pp. 253-279.
- Fluvià, M., Rigall-I-Torrent, y Garriga, A. (2008): "Déficit en la provisión local de servicios públicos y tipología municipal", *Revista de Economía Aplicada*, 48 (XVI), pp. 111-132.
- Frank, J.E. (1989): *The costs of alternative development patterns: a review of the literature*. Washington D.C., Urban Land Institute.
- García, S., and Thomas, A. (2003): "Regulation of public utilities under asymmetric information. The case of municipal water supply in France", *Environmental and Resource Economics*, 26, pp. 145-162.
- Gómez, D. (2002): *Ordenación territorial*. Madrid, Agrícola Española/Mundiprensa.
- Greene, W.H. (1999): *Análisis Económico 3ª edición*. Madrid, Prentice Hall.
- Herrero, A., Rubial, L., y Herrera P. (2006): "Los servicios públicos fundamentales", en *Corresponsabilidad fiscal y financiación de los servicios públicos fundamentales* (ed.) A. Cayón (dir.), Consejo Económico y Social, Colección de estudios 194, pp. 307-343, Madrid.
- Hughes, P., and Edwards M. (2000): "Leviathan vs. Lilliputian: A Data Envelopment Analysis of Government Efficiency", *Journal of Regional Science*, 40, 4, pp. 649-669.
- Junta de Castilla y León. (2000). *Directrices de Ordenación del Territorio: Documento para el debate público*. Valladolid, Junta de Castilla y León.
- Kalb, A. (2010): *Public Sector and Efficiency. Applications to Local Governments in Germany*. Gabler Verlag, Springer.
- Kim, H.Y., and Clark, R.M. (1988): "Economies of scale and scope in water supply", *Regional Science and Urban Economics*, 18, pp. 479-502.
- Ladd, H.L. (1992): "Population growth, density and the costs of providing public services", *Urban Studies*, 29, 2, pp. 273-295.
- López, J., y Salas, V. (2002): "Financiación de servicios públicos en territorios con desigual densidad de demanda", *Revista de Economía aplicada*, X, 28, pp. 121-150.
- MAP (2006): *Encuesta de Infraestructura y Equipamientos Locales, Fase de 2005*. Madrid, Ministerio de Administraciones Públicas.
- MFOM (2000): *La ciudad y los ciudadanos*. Madrid, Ministerio de Fomento. Dirección General de la Vivienda, la Arquitectura y el Urbanismo, Centro de Publicaciones.
- Mizutani, F., and Urakami, T. (2001): "Identifying network density and scale economies for Japanese water supply organizations", *Papers in Regional Science*, 80, pp. 211-230.
- Morales, N. (2010): "La problemática de la distribución de recursos en el medio rural. El caso de la escuela", *Publicaciones CEDDAR*, Documento de Trabajo, número 30 (2010-12), páginas: 25.
- Muñoz, S. (1998): *Servicio público y Mercado. I Los fundamentos*. Madrid, Editorial Civitas.

- Panzar, J.C., and Willig, R.D. (1977): "Economies of scale in multioutput production", *Quarterly Journal of Economics*, 91, pp. 481-493.
- Pérez, J. (1995): "Estado descentralizado y eficiencia económica", *Economistas (las Haciendas Locales)*, 65, pp.18-24.
- Prieto, A.M., and Zofío, J.L. (2001): "Evaluating Efficiency in Public Provision of Infrastructure and Equipment: the Case of Spanish Municipalities", *Journal of Productivity Analysis*, 15, pp. 323-340.
- y – (2003): "La eficiencia técnica y económica en la prestación de servicios públicos de infraestructura básica", en Asociación Castellano Leonesa de Ciencia Regional (ed.), *Prestación descentralizada de servicios públicos. Especial consideración del caso de Castilla y León*, León.
- y – (2006): "La cooperación económica a las inversiones de las Entidades Locales", en *10.º Congreso de Economía de Castilla y León: Competitividad y marco institucional* (ed.). Valladolid, Junta de Castilla y León, Consejería de Economías y Empleo.
- , – y Álvarez, I. (2009): "Economías de escala, densidad y alcance en la provisión pública de infraestructura básica municipal". *Hacienda Pública Española / Revista de Economía Pública*, 3, pp. 59-94.
- Sancton, A. (2000): *Merger mania: the assault on local government*. Québec-Ontario, McGill-Queen's University Press.
- Schamalensee, R. (1978): "A note of economies of scale and natural monopoly in the distribution of public utility services", *The Bell Journal of Economics*, 9, pp. 270-276.
- SEIMCYL. (1997): *Mapa Geológico y Minero de Castilla y León, Sociedad de Investigación y Explotación Minera de Castilla y León*. Valladolid, Sienculsa.
- Suárez-Pandiello, J. (2007): "Insuficiencia relativa, gastos impropios y financiación local", *Papeles de economía española*, 113, pp. 241-252.
- Tiebout, CH., M. (1956): "A pure theory of local expenditures", *Journal of Political Economy*, 64, pp. 16-424. (Hacienda Pública Española, 1970, pp. 324-331)
- Vallés, J., y Zárata, A. (2011): "Municipios de montaña y disparidades en las necesidades de financiación de los servicios públicos locales", *Ager. Revista de estudios sobre despoblación y desarrollo rural/Journal of Depopulation and Rural Development Studies*, D.O.I.: 10.4422/ager.2011.08.
- Zellner, A. (1962): "An efficient method of estimating seemingly unrelated regressions and test for aggregation bias", *Journal of the American Statistical Association*, 58, pp. 977-992.

Anexo 1.

Códigos de identificación por tipos de obra incluidas en el Plan Provincial de Cooperación: obligatoriedad de la prestación y umbrales de población

Tipos de obra y servicios	Artículo 26 Ley 7/85 (1)		Criterio de obligación según Población (Hab.)	Artículo 25	Servicios de prestación provincial o insular
	Servicios Obligatorios	No Obligatorios según Población		Ley 7/85 (1) Servicios Municipales	
Casas Consistoriales				12501 (2)	
Otras dependencias de Admón. Gral.				12502	
Adquisición de Equipos Inform.				12525	12725
Protección Civil	22003	22303	20.000		22703
Prevención y extinción de incendios	22004	22304	20.000		22704
Seguridad Lugares Públicos				22526	
Prestación de Serv. Sociales	31005	31305	20.000		31705
Control de Alimentos y Bebidas	41006				41706
Hospitales				41527	41727
Otras Dependencias Sanitarias				41528	41728
Construcción Centros Docentes				42529	
Escuelas Taller				42530	
Alumbrado Público	43007				
Parques Públicos	43008	43308	5.000		
Edificio uso múltiple				43531	43731
Promoción Viviendas				43532	43732
Cementerios	44009				
Recogida de residuos	44010				
Limpieza Viaria	44011				
Alcantarillado	44012				
Mercados	44013	44313	5.000		
Tratamiento de Residuos Sólidos	44014	44314			
Tratamiento de Residuos Líquidos	44015	44315			
Protección Medio Ambiente	44018	44318			
Ferías				44534	44734
Biblioteca Pública	45019	45319	5.000		45719
Instalaciones Culturales				45535	45735
Instalaciones Deportivas	45020	45320	20.000		45720

Patrimonio Histórico			45536	45736
Centros Sociales			46537	46737
Accesos Núcleos (difícil acceso)	51021			
Abastecimiento de Aguas	51022			
Pavimentación Calles	51023			
Transporte colectivo urbano	51024	51324		
Ordenación de tráfico			51538	
Red viaria				51739
Estación Autobuses			51540	
Encauzamiento			51541	
Teléfonos				52742
Electrificaciones rurales				52743
Mercados Centrales			62542	
Obras No Clasificadas			00599	00799

Fuente: Elaboración propia. (1) Ley Reguladora de Bases de Régimen Local y RD 1263/2005 por el que se regula la Cooperación Económica Local. (2) Códigos de identificación por tipos de obras incluidas en el Plan Provincial de Cooperación, Orden APU/293/2006

La Ley 7/85, de forma genérica, otorga a los municipios la posibilidad de proveer toda clase infraestructuras y equipamientos que contribuyan a satisfacer las necesidades, y aspiraciones, de sus vecinos.

Anexo 2.

Modelos urbanos. Economías de escala y efecto de la densidad

Variables	Municipios A y B				
	A	Densidades de los núcleos de población			B
Núcleos (Z_1)	4	125	Hab./ Z_1	137,5	4
Habitantes (n.º)	500	62,5	Viv./ Z_1	68,75	550
Viviendas (n.º)	250	10	km ² / Z_1	11	275
Área urbana (Z_2) (Km ²)	40	Ceteris paribus: hab./km ² , Viv./Km ²			44

Figura 1.a. Modelo urbano

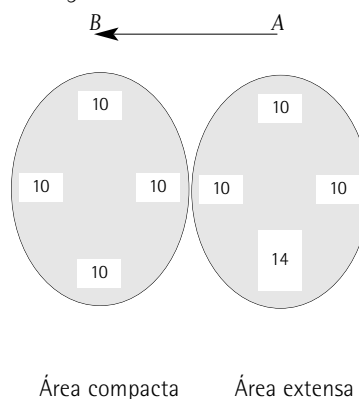


Tabla 1.b. Efecto de la densidad: reducción número de núcleos

Municipios A y B				
Variables	A	Densidades de núcleos		B
Núcleos (Z_1)	4	125	Hab./ Z_1 250	2
Habitantes (n.º)	500	62,5	Viv./ Z_1 125	500
Viviendas (n.º)	250	10	km ² / Z_1 20	250
Área urbana (Z_2) (Km ²)	40	Ceteris paribus: hab./km ² , Viv./km ²		40

Economías de densidad de núcleos: si el aumento del tamaño del núcleo -población- no es contrarrestado por el aumento de su superficie urbana; ceteris paribus.

Figura 1.b. Modelo urbano

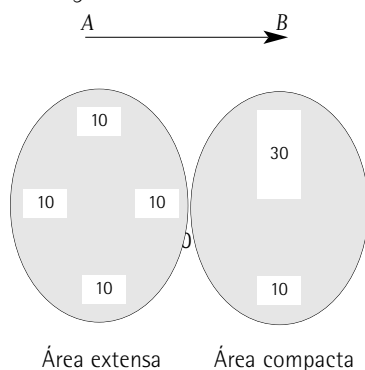


Figura 1.c. Modelo urbano

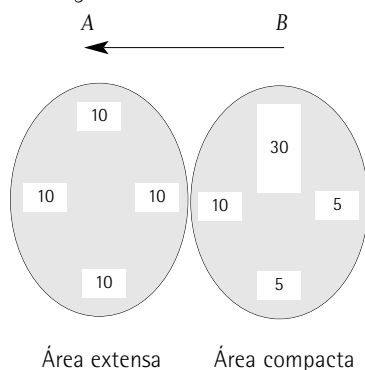


Tabla 1.c. Efecto de la densidad: reducción del área urbana

Municipios A y B				
Variables	A	Densidades de área urbana		B
Núcleos (Z_1)	4	12,5	hab./km ² 10	4
Habitantes (n.º)	4	6,25	Viv./km ² 5	500
Viviendas (n.º)	500	10	km ² / Z_1 12,5	250
Área urbana (Z_2) (Km ²)	40	Ceteris paribus: Hab./ Z_1 , Viv./ Z_1		50

Notas:

Economías de escala: si el efecto de una disminución del área necesaria para mantener la densidad urbana, es más que contrarrestado por el aumento de los tamaños de los núcleos; ambos en población y superficie urbana; ceteris paribus.

Economías de densidad urbana: si el aumento de la superficie de los núcleos es más que contrarrestado por el aumento de la densidad urbana; ceteris paribus.

Para un municipio, dado su perímetro urbano (cuadro blanco), si la población aumenta lo hace la densidad. El efecto sobre los costes puede ser ambiguo y en general aumentarán menos que la población. Si el coste por habitante aumenta, puede ser debido a problemas organizativos o a la necesidad de nuevos tipos de infraestructura; pero esto último implica un cambio en la tecnología (una nueva función de producción). La cláusula ceteris paribus previene esta situación, pues para determinar las economías ha de mantenerse constante la densidad o la dimensión poblacional del núcleo, con una tecnología dada.

Anexo 3. Precio de las tareas de ejecución de la infraestructura red de distribución de agua (€)

Obra	Tarea	Ud.	N.º Ud.	Largo	Ancho	Alto	Peso	Precio €	Total €
Red de distribución.	Rotura de pavimento...	m ²	1	1	0,35		0,35	3,70	1,30
	Excavación en zanjas...	m ³	1	1	0,65	1	0,65	7,95	5,16
Conjunto de tuberías que reparten agua a los usuarios (incluidas las acometidas).	Arena o material...	m ³	1	1	0,60	0,1	0,06	11,00	0,66
EIEL-2005	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
EIEL-2005	Boca de riego...	ud	0,02	1			0,02	126,21	2,52
	Acometida domiciliaria...	ud	0,1	1			0,1	75,13	7,51
	Relleno de zanjas...	m ³	1	1	0,65	0,9	0,585	0,85	0,50
	Hormigón HM/25N/...	m ²	1	1	0,35		0,35	107,08	37,48
	Hidrante...	ud	0,001				0,001	1.800,0	1,80

Total precio unitario de tareas (€/m) 83,76 Fuente: elaboración Propia. Precios de "mejor práctica técnica" de 2005 (€ corrientes) de infraestructura en EIEL-2005 y servicios técnicos de diputaciones provinciales para tareas de ejecución de una unidad de obra.

Ponderador municipal de tareas según variables geoestructurales:

- Núcleo de mayor altitud (Fuente: INE, Nomenclator 1993)
- Litología/geología. Mapa Litológico de Castilla y León (SIEMCYL, 1997). Atlas Digital de Comarcas de Suelos, SEISnet: www.microleis.com
- Distancia al área comercial. Anuario Comercial de España "laCaixa" y Centro Nacional de Investigación Geográfica, CNIG.

Para la depuración de aguas residuales urbanas se ha considerado el caudal de desagüe en los núcleos de población inventariados en el EIEL. Los precios son para un tratamiento secundario (EIEL-2005, Cuadro 28)

Anexo 4.
Información descriptiva de núcleos y densidades
en Castilla y León en el conjunto de municipios EIEL

Variables	Total	Mín.	Máx.	Promedio	Std.
Habitantes –Y1–	1.356.326	10	37.020	6.068	1.894,0
Viviendas –Y2–	957.643	11	21.537	427,7	1.009,9
Núcleos de población –Z1–	5.469	1	57	2,4	3,6
Área urbana –Z2– ⁽¹⁾	812	0,0072	9	0,36	0,78
Densidad					
Habitantes/Núcleo	248,0	8	17.580	306,3	713,9
Habitantes/km ²	1.670,4	40	13.507	1.965,6	1.061,2

Fuente: elaboración propia. EIEL–2005. Encuesta de Infraestructura y Equipamientos Locales

(1) Superficie Catastral Urbana. <http://catastro.meh.es/>

Anexo 5a. Estadísticas descriptivas

Variables	Media	Std.	Min.	Max.
S1. Abastecimiento de agua (n = 1.793)				
C _i - Coste (Stock)	763.089	1.132.196	37.066	21.304.711,0
Y ₁ - Población (n.º)	463,4	1.149,7	12,0	30.875,0
Y ₂ - Viviendas (n.º)	338,9	634,7	11,0	12.785,0
P ₁ - Conducciones (€/m)	27,6	4,1	22,1	38,6
P ₂ - Red de distribución (€/m)	89,8	5,7	83,9	112,8
P ₃ - Depósitos (€/m ³)	431,5	9,1	382,8	449,9
Z ₁ - Núcleos de población (n.º)	1,6	1,2	1,0	6,0
Z ₂ - Superficie urbana (km ²) ⁽²⁾	0,3	0,6	0,007	8,6
S1* - Conducciones	0,131	0,123	0,001	0,820
S2* - Red de distribución	0,696	0,164	0,119	0,983
S3* - Depósitos	0,173	0,115	0,008	0,802
S2. Saneamiento y depuración de aguas residuales (n = 1.139)				
C _i - Coste (Stock)	694.760,1	727.924,8	47.176,5	7.039.996,0
Y ₁ - Población (n.º)	441,5	639,8	22,0	7.141,0
Y ₂ - Viviendas (n.º)	246,6	322,1	16,0	4.241,0
P ₁ - Alcantarillado (€/m)	86,6	6,1	80,2	112,2
P ₂ - Emisarios (€/m)	83,6	6,8	68,2	103,5
P ₃ - Flujo de desagüe (€/m ³) ⁽¹⁾	9,6	0,9	5,8	10,9
Z ₁ - Núcleos de población (n.º)	2,1	2,3	1,0	19,0
Z ₂ - Superficie urbana (km ²) ⁽²⁾	0,2	0,2	0,01	4,6
S1* - Alcantarillado	0,489	0,178	0,008	0,948
S2* - Emisarios	0,108	0,096	0,001	0,867
S3* - Flujo de desagüe	0,403	0,152	0,002	0,892
S3. Superficie urbana⁽²⁾ y alumbrado (n = 1.311)				
C _i - Coste (Stock)	2.001.118,0	2.694.889,0	186.552,2	36.500.000,0
Y ₁ - Población (n.º)	703,4	2.168,6	52,0	37.020,0
Y ₂ - Viviendas (n.º)	474,0	1.145,0	66,0	21.537,0
P ₁ - Superficie urbana (km ²) ⁽³⁾	31,4	3,1	20,9	40,0
P ₂ - Puntos de luz (€/lamp)	540,0	53,1	379,7	675,1
Z ₁ - Núcleos de población (n.º)	2,2	2,5	1,0	19,0
Z ₂ - Superficie urbana (km ²) ⁽²⁾	0,3	0,6	0,02	8,6
S1* - Superficie urbana ⁽³⁾	0,926	0,056	0,677	0,992
S2* - Puntos de luz	0,074	0,056	0,008	0,323

Fuente: elaboración propia. EIEL-2005, Población y viviendas de los núcleos inventariados y variables de cada sector.

S1.- Variables: depósitos, m3; conducciones, ml; red de distribución, ml.

S2.- Variables: alcantarillado, ml; emisarios, ml; flujo de desagüe de aguas residuales, m3.

S3.- Variables: calles, plazas y travesías, m2; puntos de luz, n.º.

P. Precios, Base de precios unitarios de tareas necesarias para cada unidad de obra (anexo 3)

S#*.- Participación de cada variable en el coste (ecuación(5))

(1) - Volumen de los núcleos inventariados. Cuadro 26, EIEL-2005, manual de instrucciones actualizado 16/01/2006.

(2) - Superficie catastral urbana

(3) - Superficie viaria urbana (calles, plazas y travesías)

Anexo 5b.
 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	α_0	0,078	4,450	0,085	6,540	0,157	6,260
$\ln Y_1$	α_1	0,213	7,050	0,374	11,290	0,107	1,750
$\ln Y_2$	α_2	0,390	14,120	0,119	4,080	0,081	1,660
$\ln P_1$	β_1	0,116	34,210	0,475	73,280	0,927	451,400
$\ln P_2$	β_2	0,703	153,960	0,108	31,250	0,073	35,670
$\ln P_3$	β_3	0,182	55,630	0,416	73,320	—	—
$\ln Z_1$	δ_1	0,152	7,830	0,417	17,520	0,447	9,460
$\ln Z_2$	δ_2	0,201	9,110	0,062	5,160	0,236	9,750
$(\ln Y_1)^2$	α_{11}	-0,091	-0,960	0,363	3,070	-0,147	-0,770
$(\ln Y_2)^2$	α_{22}	0,100	1,500	0,018	0,210	-0,192	-2,120
$\ln Y_1 \ln Y_2$	α_{12}	-0,114	-0,820	-0,282	-1,830	0,264	1,290
$(\ln P_1)^2$	β_{11}	0,013	0,920	0,270	6,190	-0,003	-0,600
$(\ln P_2)^2$	β_{22}	-0,181	-4,180	0,002	0,080	-0,003	-0,600
$(\ln P_3)^2$	β_{33}	-0,123	-5,170	0,173	6,250	—	—
$\ln P_1 \ln P_2$	β_{12}	0,022	1,140	-0,049	-1,950	0,003	0,600
$\ln P_1 \ln P_3$	β_{13}	-0,035	-2,790	-0,220	-7,210	—	—
$\ln P_2 \ln P_3$	β_{23}	0,158	5,290	0,048	2,970	—	—
$(\ln Z_1)^2$	δ_{11}	-0,096	-2,310	-0,110	-1,090	-0,107	-0,810
$(\ln Z_2)^2$	δ_{22}	0,122	1,760	0,019	0,590	-0,003	-0,080
$\ln Z_1 \ln Z_2$	δ_{12}	0,057	0,900	0,214	3,200	-0,039	-0,490
$\ln Y_1 \ln P_1$	φ_{11}	-0,058	-6,870	-0,088	-4,340	-0,030	-4,960
$\ln Y_1 \ln P_2$	φ_{12}	0,080	7,080	-0,002	-0,170	0,030	5,000
$\ln Y_1 \ln P_3$	φ_{13}	-0,022	-2,720	0,090	5,090	—	—
$\ln Y_2 \ln P_1$	φ_{21}	0,033	4,030	-0,016	-0,850	-0,006	-1,250
$\ln Y_2 \ln P_2$	φ_{22}	-0,073	-6,690	-0,025	-2,460	0,006	1,260
$\ln Y_2 \ln P_3$	φ_{23}	0,040	5,020	0,042	2,500	—	—
$\ln Y_1 \ln Z_1$	θ_{11}	0,137	2,580	-0,130	-1,340	0,044	0,310
$\ln Y_1 \ln Z_2$	θ_{12}	-0,033	-0,700	-0,055	-1,260	-0,110	-2,190
$\ln Y_2 \ln Z_1$	θ_{21}	-0,037	-0,920	0,108	1,430	0,013	0,160
$\ln Y_2 \ln Z_2$	θ_{22}	-0,035	-0,810	-0,042	-1,090	0,126	2,870
$\ln P_1 \ln Z_1$	ω_{11}	-0,003	-0,560	0,121	7,330	0,032	6,490

$\ln P_2 \ln Z_1$	ω_{21}	-0,004	-0,470	-0,006	-0,680	-0,032	-6,540
$\ln P_3 \ln Z_1$	ω_{31}	0,007	1,230	-0,115	-7,990	—	—
$\ln P_1 \ln Z_2$	ω_{12}	0,048	8,420	-0,064	-7,230	0,016	6,580
$\ln P_2 \ln Z_2$	ω_{22}	-0,031	-4,080	0,045	9,510	-0,016	-6,630
$\ln P_3 \ln Z_2$	ω_{32}	-0,016	-2,950	0,018	2,400	—	—
F-test		8,77e+11		4,358,4		16,794,5	
R2		0,854		0,933		0,709	
Observaciones		1,793		1,139		1,311	

Fuente: elaboración propia

