

REVISTA DE ESTUDIOS REGIONALES

I.S.S.N.: 0213-7585

2ª EPOCA Septiembre-Diciembre 2019



116

SUMARIO

Marta Pérez Ibáñez y Isidro López-Aparicio Pérez. Actividad artística y precariedad laboral en Andalucía: Análisis a partir de un estudio global

Oscar Luis Alonso Cienfuegos y Ana Isabel Otero Sánchez. Un análisis espacio-temporal de la política agraria común en Asturias para el período de programación 2007-2013 y su incidencia en el empleo

María Concepción Pérez-Cárceles y Minerva Martínez-Martínez. Dimensiones del resultado académico en la Prueba de Acceso a la Universidad en España

Segundo Abrahán Sanabria Gómez. Microdinámica evolutiva de los desequilibrios económicos regionales: Una propuesta metodológica

Blanca Avellón Naranjo. Un modelo no paramétrico de evaluación de la eficiencia en la gestión tributaria aplicado a las Delegaciones territoriales españolas

Dionisio Buendía-Carrillo y Elías Melchor-Ferrer. Segmentación de municipios andaluces según el coste efectivo de los servicios públicos: El caso del alumbrado público

Mª Consuelo Colom Andrés y Mª Cruz Molés Machí. Independencia residencial y dedicación laboral de los jóvenes españoles: Un análisis por Comunidades Autónomas

Segmentación de municipios andaluces según el coste efectivo de los servicios públicos: El caso del alumbrado público

Segmentation of andalusian municipalities according to the effective cost of public services: The case of public lighting

Dionisio Buendia-Carrillo
Elías Melchor-Ferrer
Universidad de Granada

Recibido, Junio de 2018; Versión final aceptada, Diciembre de 2018.

PALABRAS CLAVE: Alumbrado público, Coste de servicio, Índices sintéticos, Análisis de componentes principales.

KEYWORDS: Public lighting, Service cost, Synthetic indices, Principal Component Analysis.

Clasificación JEL: R51, H72, R15

RESUMEN

La necesidad del uso eficiente de los recursos públicos a nivel municipal exige disponer de información relativa a la forma en que éstos se prestan. Los costes de servicio tanto de municipios como de Diputaciones provinciales vienen condicionados por factores diversos como el planeamiento urbano o la dispersión poblacional; dificultando la comparabilidad. Por ello, en este trabajo se realiza una propuesta para la construcción de índices sintéticos municipales relativos al servicio de alumbrado público en Andalucía a nivel provincial y regional. Posteriormente, se utilizan para modelizar el valor del índice a partir de aquellas variables que tengan mayor capacidad explicativa.

ABSTRACT

The construction of municipal synthetic indexes that report on the provision of public services is nowadays a necessity if the aim is to efficiently manage the always scarce budget allocations. This work responds to this demand through a double way, on the one hand, through a methodology for the elaboration of said indicators and, on the other hand, estimating a model that would simulate the value of the indices. For this, and as an example, attention has been focused on the public lighting service in Andalusia and on a double territorial level: provincial and regional, and within the latter, differentiating into two groups according to the population of their municipalities.

The construction of the indexes will be based on the information provided by the EIEL corresponding to 2014, which includes both the installed power and the number of light points. To this have been added ratios such as the average power per point of light or per inhabitant, and the points of light per linear meter of track or per inhabitant, thus removing the size effect. All these variables are closely related to each other, given that road length or the number of light points depend on the resident population, which determine the installed power.

Since the variables are not independent, that is, they have joint information, by means of multivariate analysis techniques they can be described using a smaller number of dimensions (main components), taking advantage of the interrelationships between the variables for each group of municipalities. From that moment, and through the factorial analysis, a general index can be defined by combining said dimensions, so that only by introducing the initial variables in the expression obtained, the situation of each municipality in terms of public lighting will be quantified. In this way, a classification of the Andalusian municipalities can be made that can explain a certain underlying model in the set of information provided by the individual variables.

Within this type of methods, it is worth underline Factorial Analysis, a term used to collect a variety of statistical techniques that allow the evaluation of the underlying interrelationship structure in an observed data matrix. This technique, which is widely used in many disciplines, can be exploratory or confirmatory, depending on the number of factors to be extracted or fixed a priori, respectively. In our case, an exploratory factor analysis will be applied where the Principal Component Analysis will be used. This technique, commonly used by many scientific disciplines, is a simple and quick way to extract relevant information from data sets (in general correlated) in which, apparently, there is no pattern of behavior.

Once the factorial extraction has been carried out, those variables that contain more information can be selected, as well as obtaining the factorial scores that will allow the elaboration of a synthetic index that eliminates the subjectivity typical of the classical methods. Specifically, the index is obtained as a weighted average of the scores of the main components for each municipality, where the weights are determined by the square root of the variance of each component, which guarantees that the components with the greatest variance explained have a greater weighting in the index. To the extent that the variables have been typed during the process, the resulting index will take positive or negative values, depending on whether they are above or below the average, therefore, in order to improve the interpretation, the index has been re-scaled to a range 0-100.

The first of the detected factors (which we could call "municipal size") has a high correlation with variables such as power, light points, population and length, since the larger the population, the same will be in road length and, therefore, in points of light, which in turn condition the installed power. This relationship is more evident when the municipal population is smaller, since in these cases the lower demand for land (and its greater availability) result in an extensive urban development instead of in height. The second factor (which we could call "density") is at least integrated by the installed power and the points of light per inhabitant. These variables tend to have a negative correlation with the "municipal size", in the sense that the greater the population (and, therefore, its density in the urban nucleus, linked to the urban development in height), the lower the value of these ratios. Finally, the points of light per linear meter of track and the average installed power per point of light have been reduced to a single dimension (which would reflect the concept of "intensity" in terms of public lighting) for the provinces of Córdoba, Huelva and Jaen. Its impact on the public lighting situation is conditioned both by technical requirements (form of arrangement of the luminaires or the type of existing lamps), and by the urban model (width of the roads and dispersion of the buildings).

From a regional perspective, it is observed that the municipalities of less than 5,000 and between 5,000 and 20,000 inhabitants follow the general pattern observed above, with the only difference being the greater importance of the power per light point and the smaller of the points of light per inhabitant for the last group. As for the municipalities of between 20,000 and 50,000 inhabitants, almost all the variables related to the public lighting system (in size, density or intensity) are integrated into the first component.

After obtaining the corresponding index for each territorial area, it is observed that the highest values at the provincial level (of less than 5,000 inhabitants) are for inland municipalities, in mountain areas and with low population density. This dispersion in the territory means that public administrations are obliged to provide a minimum of lighting service, whose cost (total or in relative terms) is greater than if the population were concentrated in a single urban nucleus. At the regional level and for municipalities of between 5,000 and 20,000 inhabitants, areas with higher index values are

appreciated such as the Guadalquivir riverbank in the province of Seville, the metropolitan area of Granada, the south of Cádiz or the northeast of Almería. Of the rest, the majority corresponds to interior municipalities that constitute first-order regional centers such as Guadix in Granada, Baeza, Bailén and La Carolina in Jaén, or Marchena, Cazalla de la Sierra and Las Cabezas de San Juan in Seville. Finally, for the 51 Andalusian municipalities whose population is between 20,000 and 50,000 inhabitants, the highest rates are found in the Guadalquivir Valley and in coastal areas (especially in Cádiz and Huelva). This greater population is determined to a large extent by the greater extension of said municipalities, as well as by the greater economic activity. However, it would be possible to differentiate them according to presenting a strong specialization in tourist or industrial activities.

The indices have been used in the estimation of a model for each territorial area that has made it possible to estimate their value based on those variables that have the greatest explanatory capacity. As a result, it has been observed that in the eastern provinces the main explanatory variable is the number of points of light (either in absolute or relative terms). The smaller size of the municipalities, their greater number and the complicated orography of these provinces, would explain that circumstance, which is consistent with the fact that light points per linear meter of track are also an explanatory variable for Almería and Jaén, or the length for Granada. On the other hand, for Córdoba and Seville it is the power, and the per capita power for Málaga, which is consistent with its greater specialization in industrial and tourist activities. At the regional level, for the municipalities of between 5,000 and 20,000 inhabitants, the population is the variable with more weight in the index, followed by the power and points of light, both in terms of per capita. On the other hand, for municipalities of between 20,000 and 50,000 inhabitants, the points of light per inhabitant are the only explanatory component of the synthetic index.

1. INTRODUCCIÓN

En España, al igual que al resto de países de su entorno, la crisis económica ha afectado de forma importante a la administración pública en general y a la local en particular (Jiménez Asensio, 2011), principalmente desde el punto de vista de la sostenibilidad en el tiempo de la prestación de servicios públicos locales¹. Ello se ha reflejado en la promulgación de la Ley 27/2013, de 27 de diciembre, de racionalización y sostenibilidad de la Administración Local, la cual ha introducido en el ámbito de la administración local española, el concepto de coste efectivo como magnitud de referencia a la hora de tomar determinadas decisiones básicamente relacionadas con la forma de prestación de determinados servicios públicos, así como la obligación de calcularlo con criterios comunes (Carrasco, Buendía, y Llorente, 2016) y remitirlo a Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas para su publicación. Dicha medida es considerada un paso fundamental en la mejora de la información disponible, eliminando asimetrías, para la toma de decisiones de los ciudadanos y de la Administración, contribuyendo de forma permanente al aumento de la eficiencia. No obstante, antes de usar dicha información para la toma de decisiones, es necesario asegurarse de que la información elaborada para cada

1 En este sentido, puede consultarse Angoitia y Tobes (2011).

uno de los municipios es comparable entre sí, es decir, que el servicio se presta en condiciones similares.

Sin embargo, el uso, sin más, de la información sobre coste efectivo para la toma de decisiones puede crear un efecto perverso en las mismas, pues las condiciones en que los diferentes municipios prestan los servicios no son idénticas² y puede que, por tanto, la información no sea comparable. De hecho, como señala (Huggins, 2010), “el *benchmarking* es considerado por algunos como un mecanismo de aprendizaje de políticas intrínsecamente defectuoso, ya que es extremadamente difícil lograr el objetivo de exportar las llamadas políticas de “mejores prácticas” de una región a otra, debido a la especificidad de los contextos regionales”. Es por ello que se hace necesario crear grupos homogéneos de municipios que, en base a diferentes variables demográficas, geográficas o técnicas, permitan la comparación del coste efectivo de un determinado servicio entre los municipios que compongan cada grupo homogéneo lo cual, en última instancia, posibilitaría la prestación conjunta de dichos servicios. De hecho, y como demuestran Arcelus *et al.* (2015:1478) para los municipios de Navarra, la eficiencia en el coste de prestación de servicios públicos es mayor cuando la misma se realiza de forma conjunta³.

En definitiva, se parte de la siguiente hipótesis: si dos o más municipios prestan un determinado servicio en condiciones similares, el coste efectivo y la calidad del servicio debería ser similar y, por tanto, esta información sería comparable a la hora de establecer *benchmarking*⁴. En este sentido, como señala (Guerrero, 2011:193) “merece comentarse que una forma que tienen los Ayuntamientos para autoevaluarse es la comparación con otros Ayuntamientos, con los mejores en aquellos aspectos que queremos evaluar”. Cuando los indicadores a considerar son numerosos, el desarrollo de un índice que recoja de manera integrada las distintas dimensiones del problema que se está analizando contribuye a una mejor aplicación del *benchmarking*⁵.

El análisis del coste de los servicios a nivel local se ha abordado en la literatura centrando la atención en el alumbrado público⁶ dado el carácter representativo del mismo para su estudio, tanto en términos de eficiencia (Prado y García, 2007) como para la determinación del tamaño óptimo de población para la prestación

2 Superficie del municipio, dispersión de la población, altitud, forma de las captaciones de agua, etc.

3 Estos autores también relacionan la mayor eficiencia a un mayor porcentaje de financiación proveniente de impuestos; una mayor inversión acumulada en infraestructuras; y contralores públicos responsables en la auditoría de cuentas municipales.

4 Para profundizar en el concepto de *benchmarking*, puede consultarse el capítulo 7 de Muñoz (1999).

5 En Kilkki (2015) se utilizan índices compuestos en el *benchmarking* para el análisis de sistemas energéticos a nivel local.

6 El servicio de alumbrado público tiene como objetivo garantizar condiciones adecuadas de visibilidad nocturna tanto para el tráfico de vehículos como de peatones, así como mejorar las condiciones de seguridad para personas, bienes y propiedades en la comunidad (Silva, Mendes, y Silva, 2010).

de servicios públicos municipales en España (Prieto, Zofío, y Álvarez, 2015), o incluso en cuanto a la forma de gestión (Benito, Guillamón, y Bastida, 2015). A las anteriores razones se podrían añadir otras como las siguientes: a) se trata de un servicio que necesariamente debe prestar todo ayuntamiento con independencia de su tamaño (artículo 26.1 de la ley 7/1985); b) en los municipios con población inferior a 20.000 habitantes, es uno de los servicios cuya prestación la coordinará la Diputación provincial (artículo 26.2 de la ley 7/1985); y c) es uno de los servicios para el que hay que calcular de manera obligatoria el coste efectivo.

A pesar de la obligatoriedad de la prestación de servicios municipales por parte de las Diputaciones Provinciales a entidades locales de menos de 20.000 habitantes, se ha optado por utilizar en este trabajo el conjunto de municipios de menos de 50.000 habitantes por varios motivos: a) la información se encuentra disponible en la Encuesta de Infraestructuras de Equipamientos Locales (EIEL), la cual comprende todos los municipios menores de 50.000 habitantes del territorio nacional, con excepción de las Comunidades Autónomas del País Vasco y Navarra, por tener un régimen foral propio y no estar incluidas en la Cooperación Económica del Estado (artículo 4 del Real Decreto 835/2003); y b) habitualmente los estudios realizados hasta la fecha se han centrado en los mayores de 50.000 habitantes (Bosch y Suárez, 2015; Prado y García, 2007), con lo que se producido un cierto vacío en el análisis de la eficiencia para los municipios que están por debajo de los 50.000 habitantes. A ello habría que añadir el hecho de que actualmente no tiene sentido calcular dos tipos de coste usando metodologías diferentes: el del servicio real y el efectivo⁷. El devenir lógico será que el coste real se calcule para las entidades locales de menos de 50.000 habitantes (Carrasco y Buendía, 2014) y el coste efectivo (cuyo procedimiento de cálculo es mucho más simple) para las entidades locales de menos de 50.000 habitantes (Carrasco et al., 2016).

En cuanto al ámbito territorial de este trabajo, a pesar de disponer de información para casi todas las comunidades autónomas españolas, se ha optado por centrar el análisis en Andalucía ya que, en caso contrario, la información de comunidades autónomas (muy diferentes en términos geográficos, culturales, económicos, de poblamiento, etc.) podría resultar excesivamente heterogénea y, por tanto, los resultados obtenidos no ser adecuados en un proceso de toma de decisiones. Además, Andalucía es la Comunidad Autónoma más poblada de España (casi el 18% de la población reside en la misma), cuenta con un número elevado de Diputaciones (9) que serán las instituciones principalmente beneficiadas con este estudio y, por último, tiene un número elevado de municipios (casi el 10% del total nacional).

7 Obligatorio, respectivamente, para los municipios de más de 50.000 habitantes a partir de las cuentas de 2017 (que se presentarán en 2018), y para todas las demás entidades locales.

Una elección de este tipo conlleva que la profundidad competencial sea la misma, por lo que la comparabilidad se realizará entre municipios que pertenezcan a la misma provincia y, consecuentemente, a la misma Comunidad Autónoma, Andalucía en nuestro caso. Lógicamente, cuanto menores son los ámbitos territoriales considerados (comunidades autónomas y provincias), las características propias del municipio (extensión del municipio, número de núcleos poblacionales, municipio de costa o de montaña, etc.) tenderán a ser parecidas y, por tanto, las condiciones en las que se presta el servicio también habrán de serlo.

Todo lo anterior justifica la necesidad de segmentar los diferentes municipios en función de los valores obtenidos para un indicador sintético en materia de alumbrado público para cada provincia andaluza (elaborado a partir de un conjunto de variables de carácter técnico proporcionadas por la EIEL), de manera que, si un servicio es prestado en condiciones similares, su coste efectivo debería ser similar y, por tanto, los indicadores obtenidos comparables.

Pues bien, sobre la base de todo lo comentado anteriormente y, tomando como ejemplo el servicio de alumbrado público, en este trabajo se desarrolla una metodología de cálculo capaz de identificar grupos homogéneos de municipios que sean comparables tanto en términos de coste efectivo del servicio como en calidad con la que se presta el mismo. Para ello, en el primer apartado se exponen las bases que sustentan el coste efectivo. En el segundo apartado, se expone la metodología utilizada para elaborar los índices representativos de cada municipio, que se basará en el uso de métodos de análisis multivariante en los que aquellos factores de mayor relevancia tengan más peso en el índice obtenido. Posteriormente, en el tercer apartado se aplica el análisis factorial a las distintas variables disponibles en relación con el alumbrado público en un doble nivel: provincial (para municipios de menos de 5.000 habitantes) y regional (para los tres segmentos de población considerados). A continuación, se realiza una estimación econométrica con el objetivo de obtener un modelo que permita estimar para cada ámbito territorial el índice sintético a partir de una selección de las variables con mayor poder explicativo. Finalmente, se destacan las conclusiones más relevantes.

2. EL COSTE EFECTIVO COMO MAGNITUD REFERENTE DE LA EFICIENCIA EN LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS PÚBLICOS LOCALES

El coste efectivo es un concepto que surge en España con la Ley 27/2013, de 27 de diciembre, de racionalidad y sostenibilidad de la Administración Local, que modifica, entre otras, la Ley 7/1985 reguladora de las Bases del Régimen Local. En esta última Ley, se añade un nuevo artículo 116 ter. en el que se establece la obligatoriedad de calcular y remitir al Ministerio de Hacienda para su publicación el

coste efectivo de todos los servicios que prestan las administraciones locales españolas. El principal objetivo perseguido con la implantación y publicación del coste efectivo es mejorar la eficiencia en la prestación de los servicios públicos locales, contribuyendo de esta manera a garantizar el cumplimiento del principio de eficiencia de conformidad con el artículo 7 de la Ley Orgánica 2/2012, de 27 de abril, de Estabilidad Presupuestaria y Sostenibilidad Financiera. Para ello, el coste efectivo se ve acompañado por una serie de unidades de referencia que ayudan a contextualizar las condiciones en que se presta el correspondiente servicio público local.

En este sentido, los beneficiados con la publicación de esta información son la ciudadanía y la administración pública en general, al poder tomar decisiones sobre la eficiencia con la que se prestan los servicios públicos locales tomando como base una información teóricamente homogénea, y al tener una metodología de cálculo común que considera tanto los costes directos como los costes indirectos que inciden en la prestación del correspondiente servicio público⁸. Sin embargo, las verdaderas beneficiadas van a ser las Diputaciones o Cabildos ya que muchas de sus actuaciones van a venir condicionadas por este concepto. Así, por ejemplo, es el que hay que tomar como referencia para tomar decisiones sobre la forma de prestación de determinados servicios locales. De esta forma, el art. 26.2 de la Ley 7/1985 se indica que en los municipios con población inferior a 20.000 habitantes será la Diputación provincial o entidad equivalente la que coordinará la prestación de los siguientes servicios:

- a) Recogida y tratamiento de residuos.
- b) Abastecimiento de agua potable a domicilio y evacuación y tratamiento de aguas residuales.
- c) Limpieza viaria.
- d) Acceso a los núcleos de población.
- e) Pavimentación de vías urbanas.
- f) Alumbrado público.

Además, cuando la Diputación o entidad equivalente asuma la prestación de estos servicios repercutirá a los municipios el coste efectivo del servicio en función de su uso. Por otra parte, como se señala en el citado artículo, cuando el municipio

8 Así, la metodología de cálculo se recoge en la Orden HAP/2075/2014, de 6 de noviembre, por la que se establecen los criterios de cálculo del coste efectivo de los servicios prestados por las entidades locales y en la Resolución de 23 de junio de 2015, de la Secretaría General de Coordinación Autonómica y Local, por la que se especifican los elementos incluidos en los anexos de la Orden HAP/2075/2014, de 6 de noviembre, por la que se establecen los criterios de cálculo del coste efectivo de los servicios prestados por las entidades locales.

justifique ante la Diputación que puede prestar estos servicios con un coste efectivo menor que el derivado de la forma de gestión propuesta por la Diputación provincial o entidad equivalente, el municipio podrá asumir la prestación y coordinación de estos servicios si la Diputación lo considera acreditado.

Por otro lado, a efectos de la aplicación del artículo 36.2.a) de la Ley 7/1985, las Diputaciones deberán incluir en los planes provinciales de obras y servicios un análisis del coste efectivo de los servicios, y, en su caso, el Estado y las Comunidades Autónomas tendrán en cuenta los costes efectivos para la concesión de subvenciones.

En otro orden de ideas, dada la relevancia que la magnitud coste efectivo ha tomado en el mundo local, diversos han sido los trabajos que de una forma u otra han estudiado dicha magnitud desde diversas perspectivas. Así, cabe destacar los siguientes trabajos:

Trabajo	Objetivo
Carrasco y Buendía (2014)	Diferenciar el concepto de coste efectivo de un servicio público y el concepto de coste real de prestación de un servicio público
Carrasco <i>et al.</i> (2016)	Creación de grupos homogéneos de municipios que permitan hacer comparable la información sobre coste efectivo por servicios.
Ibarloza <i>et al.</i> (2017)	Establecer una metodología de cálculo de coste efectivo que posteriormente tendría reflejo en la Orden Foral 309/2016, de 10 de junio, por el que se establecen los plazos y los criterios de cálculo del coste efectivo de los servicios prestados por las entidades locales de Guipúzcoa.
Martínez-Córdoba <i>et al.</i> (2018)	Analizar los factores que influyen a la hora de determinar el coste efectivo de un servicio público (en este caso el servicio de policía local).

3. METODOLOGÍA

Una correcta valoración de la situación de cada municipio en materia de alumbrado público requeriría tener en cuenta multitud de factores condicionantes, desde su extensión, pasando por la densidad población, el modelo urbanístico adoptado, o su especialización productiva. En la medida en que buena parte de los mismos están relacionados con el nivel de población, para la elaboración de índices sintéticos provinciales en relación con el alumbrado público ha sido necesario, en primer lugar, segmentar los municipios andaluces según su población en tres grupos: menores de 5.000 habitantes, de entre 5.000 y 20.000 habitantes, y de más de 20.000. Ello se justifica por dos motivos: a) la EIEL sólo se realiza para municipios de menos de 50.000 habitantes, y b) la desigual densidad poblacional y dotación de infraestructuras viarias en distintos núcleos urbanos. Para los dos grupos inferiores de población

es factible elaborar índices provinciales, sin embargo, para los municipios de más de 20.000 habitantes ello no es posible dado que Andalucía sólo se dispone de 31 casos. Por tanto, en este último caso elaboraremos un índice de ámbito regional.

Para la construcción de dichos índices se ha utilizado la información disponible en la EIEL referida a alumbrado público, que incluye tanto la potencia instalada como el número de puntos de luz. No obstante, al disponer de la longitud viaria del municipio⁹ y su población se pueden calcular diferentes ratios como la potencia media por punto de luz o por habitante, y los puntos de luz por metro lineal de vía o por habitante. Estas ratios pretenden depurar el efecto tamaño (Uriz y Cancelo, 1994: 169) tanto en población como en longitud viaria, ya que cuanto mayores sean estas dos, así también lo serán la potencia instalada o los puntos de luz. Todas estas variables se refieren a 2014 y serán la base para la elaboración de los índices sintéticos municipales.

Como se puede intuir, todas estas variables están estrechamente relacionadas unas con otras dado que en función de la población residente así es la longitud viaria y, por tanto, el número de puntos de luz, que determinan la potencia instalada. Como las variables no son independientes, es decir, tienen información conjunta, por medio de técnicas de análisis multivariante se pueden describir utilizando un número menor de dimensiones (también llamados componentes principales), aprovechando las interrelaciones entre las variables para cada grupo de municipios. A partir de ese momento, y a través del análisis factorial, se puede definir un índice general combinando dichas dimensiones, de forma que tan sólo introduciendo en la expresión obtenida las variables iniciales se cuantifique la situación de cada municipio en materia de alumbrado público. De esta forma se podrá realizar una clasificación de los municipios andaluces que pueda explicar un cierto modelo subyacente en el conjunto de la información que aportan las variables individuales.

El uso de métodos de análisis multivariante para la construcción de índices es amplia en la literatura sobre indicadores sociales. Dentro de este tipo de métodos destacan los de carácter factorial (métodos factoriales), término bajo el cual se recogen una variedad de técnicas estadísticas que permiten evaluar la estructura de interrelaciones subyacente en una matriz de datos observada (Johnson y Wichern, 2007: 5-18; Kim y Mueller, 1978: 8-10; Lawley y Maxwell, 1971: 15-33). Esta técnica, que es ampliamente usada en multitud de disciplinas, puede ser exploratoria o confirmatoria (Thompson, 2004: 27-48 y 93-98), según se conozca el número de factores a extraer o estén fijados a priori, respectivamente.

9 La longitud viaria se expresa en metros y viene referida a superficie pavimentada y no pavimentada de travesías, calles y plazas, excluyendo los denominados "otros viarios" ya que muy probablemente no tendrán dotación de alumbrado público.

En nuestro caso se aplicará un método factorial exploratorio en donde se hará uso del Análisis de Componentes Principales (ACP). El ACP utiliza todas las variables a la hora de reducir las dimensiones, de modo que se generen nuevas variables que recojan aquellos componentes con mayor capacidad explicativa y se desechen aquellos que aporten escasa información (Jobson 1992). Ello permite elaborar índices para, posteriormente, clasificar los municipios en varias agrupaciones que visualicen la desigualdad existente para cada uno de dichos grupos. Aunque existen metodologías alternativas para reducir las dimensiones del conjunto original de datos se han desechado finalmente por varios motivos (Vyas y Kumaranayake 2006: 466 y 467):

- a) El análisis discriminante es una técnica que se centra en las relaciones existentes entre los agentes (en nuestro caso municipios) cuyos datos se están midiendo, frente a nuestro objetivo de analizar las relaciones existentes entre las diferentes variables medidas.
- b) El análisis de correspondencias (simples o múltiples) tiene por objetivo crear un mapa de la posición relativa de las variables cualitativas con cada uno de sus valores posibles en donde se refleje el grado de asociación entre cada uno de los conceptos representados.
- c) En los modelos de regresión multivariante la reducción de dimensiones se logra simplemente mediante la elección de qué variables se van a omitir, a expensas de ignorar algunas dimensiones de los datos.

El ACP es una técnica estadística multivariante usada habitualmente por multitud de disciplinas científicas ya que es una forma sencilla y rápida de extraer información relevante a partir de conjuntos de datos, en general correlacionados, en los que, aparentemente, no hay un patrón de comportamiento (O'Rourke, Psych, y Hatcher, 2013: 1-6). También es la técnica multivariante más antigua, de hecho, sus orígenes se remontan a los trabajos de Pearson (1901), si bien, su formalización actual se debe a Hotelling (1933), que acuñó el término "Componente Principal" (Abdi y Williams, 2010: 2). Mediante esta técnica es posible alcanzar dos objetivos (Escobar, 2008: 129): a) reducir la dimensionalidad de un conjunto de datos, descubriendo la verdadera dimensión contenida en ellos; y b) identificar nuevas variables significativas contenidas en la estructura de datos.

La información de partida vendrá constituida por diferentes matrices de datos¹⁰ en donde las variables se situarán en las columnas y los municipios en las filas. En la medida en que las variables utilizadas presentan unidades de medida

10 Según sea el tamaño poblacional del municipio y la provincia en la que se ubica.

diferentes, el ACP presenta la ventaja de que obtiene factores adimensionales al trabajar sobre variables tipificadas¹¹, sin que ello tenga incidencia en sus perfiles de variación. Esta técnica presenta mejores resultados cuando nos encontramos ante grandes conjuntos de datos y numerosas variables, lo que en nuestro caso podría (para algunos de los grupos considerados) llevar al límite la idoneidad de esta técnica¹². En cualquier caso, no hay que perder de vista que el objetivo final es aprovechar las propiedades de los factores para la construcción de índices, por lo que no es un impedimento que la anterior medida se sitúe algunas centésimas por debajo de dicho límite.

Una vez realizada la extracción factorial se pueden seleccionar aquellas variables que contienen más información, así como obtener las puntuaciones factoriales que permitirán la elaboración de un índice sintético que elimina la subjetividad propia de los métodos clásicos. Para el cálculo de los índices sintéticos municipales se ha seguido la metodología propuesta por Peters y Butler (1970), que ha sido utilizada por diferentes autores (Castro, 2004: 241; Jiménez, Sánchez, Montero, y López, 2013: 317). En concreto, el índice se obtiene como un promedio ponderado de las puntuaciones de todos y cada uno de los componentes principales extraídos al objeto de evitar mayores pérdidas de información y, por tanto, medidas menos significativas a la vez que se gana en comparabilidad de los resultados (Castro 2004: 1999). Concretamente, los pesos vienen determinados por la raíz cuadrada de la varianza de cada componente, y se expresaría del siguiente modo:

$$Indice_j = \frac{\sum_{i=1}^r Z_{ij} \cdot \sqrt{\lambda_r}}{\sqrt{\lambda_r}}; j = 1, 2, \dots \text{municipios del grupo}; i = 1, 2, \dots, \text{componentes} \quad (1)$$

Siendo Z_{ij} la puntuación correspondiente al componente principal r para la unidad de observación municipal j , y $\sqrt{\lambda_r}$, la raíz cuadrada del autovalor para dicho componente, lo que garantiza que los componentes con mayor varianza explicada tengan una mayor ponderación en el índice (Castro, 2004: 241; Escobar, 2008: 128).

En la medida en que las variables han sido tipificadas durante el proceso, el índice resultante tomará valores positivos o negativos, según estén por encima o por debajo de la media, por ello, para mejorar la interpretación del índice se ha procedido a realizar un reescalamiento de este índice a un rango 0-100 a través de la denominada transformación de Calsamiglia (1990), para un valor $k=100$ que podría denominarse como “grado de progresividad” (García, Gil, Rapún, y Pascual, 1998: 153) e indica el valor máximo que podría tomar el índice:

11 Una aproximación al análisis multivariante puede encontrarse en Uriel (1995:343).

12 En general cuando la medida de adecuación muestral Kaiser-Meyer-Olkin es inferior a 0,5.

$$f(\text{Indice}_j) = \begin{cases} 1 + \frac{k-1}{2} e^{\text{Indice}_j}, & \text{si } \text{Indice}_j < 0 \\ k - \frac{k-1}{2} e^{-\text{Indice}_j}, & \text{si } \text{Indice}_j \geq 0 \end{cases} \quad (2)$$

Una vez obtenido el índice que sintetiza en una única magnitud estas variables multidimensionales, a través de un modelo econométrico plantearemos una forma funcional en la que la variable dependiente sea este mismo índice y las dependientes las variables originales que tienen más peso en los componentes seleccionados. Con ello lo que se pretende es obtener los coeficientes estimados que permitan expresar para cada municipio el valor de su índice como combinación lineal de las variables originales.

4. CONSTRUCCIÓN DE ÍNDICES SINTÉTICOS PARA ALUMBRADO PÚBLICO

4.1. Extracción de los componentes principales.

La aplicación del ACP a cada una de las provincias andaluzas para los segmentos de población municipal inferior a 5.000 habitantes y de 5.000 a 20.000, permite observar que en todos los casos los componentes extraídos como consecuencia del proceso de reducción de dimensiones han sido tres, excepto para Cádiz y Almería, con dos. Ello quiere decir que el conjunto de ocho variables consideradas se ha sintetizado en tan sólo tres nuevas variables ficticias, que revelan una estrecha correlación entre varias de aquéllas¹³.

La correcta aplicación del ACP exige que tanto factores como variables estén altamente intercorrelacionados, lo cual, caso de no ocurrir, indicaría que este análisis no es apropiado. Para corroborar la idoneidad de esta técnica con los datos analizados se ha recurrido a varios test: a) el determinante de la matriz de correlaciones, que ha de tomar un valor muy bajo, lo que indicaría la existencia de altas intercorrelaciones entre las variables; b) el de esfericidad de Barlett, que establece un nivel de significación del 0,05 para no rechazar la hipótesis nula de que las variables no están intercorrelacionadas; y c) el método de adecuación muestral KMO (Kaiser-Meyer-Olkin), que establece un nivel inferior al 0,5 como criterio para desaconsejar la utilización de técnicas de análisis factorial como el ACP.

13 Aunque la determinación del número de factores a extraer puede dejarse a criterio del investigador, lo usual es aplicar la regla Kaiser mediante la cual se seleccionan aquellos factores cuyo autovalor (o raíz característica) sea mayor que 1, es decir, aquellos que expliquen más de una variable por término medio.

Tras analizar los citados test se observa que los dos primeros aconsejarían la aplicación del ACP a todas las provincias andaluzas en los dos segmentos poblacionales considerados, sin embargo, al acudir al método de adecuación muestral KMO se observa que se sitúan por debajo del 0,5 aconsejable las provincias de Cádiz, Huelva y Jaén para municipios de menos de 5.000 habitantes, y las provincias de Almería, Córdoba, Jaén y Málaga para los de entre 5.000 y 20.000 habitantes. No obstante, hay una sensible diferencia entre ambos colectivos ya que mientras las provincias del primero sitúan su índice KMO en el límite de la idoneidad¹⁴, en el segundo se sitúa por debajo de dicho nivel, probablemente influido por el escaso número de casos disponibles. Todo ello nos llevaría, por un lado, a descartar la utilización del ACP para los municipios de entre 5.000 y 20.000 habitantes, a nivel de provincias y, por otro, a mantenerlo para el segmento inferior de población. En este último caso, dos razones justifican la decisión tomada: a) lo cerca del límite de referencia en que se sitúa el índice KMO para sólo tres provincias, y b) por el interés en realizar una comparación a nivel provincial de los índices obtenidos y las expresiones matemáticas a partir de las que se generarían para cada municipio.

Tras la extracción de los componentes principales se debe detectar para cada uno, cuáles son las variables originales que están más correlacionadas en valor absoluto, aplicando para ello la rotación Varimax. Se trata de un método de rotación que minimiza el número de variables con cargas altas en un factor, mejorando así la capacidad de interpretación de factores, a los que incluso se les podría otorgar una denominación atendiendo a las características generales de las variables que incluyen. En la matriz de componentes rotados se recoge para cada factor su coeficiente de correlación con cada una de las variables, por lo que aquéllas con mayor valor serán las que mejor expresen la dimensión recogida en el factor. En nuestro caso hemos optado por un criterio de exigencia media como es seleccionar aquellas variables cuya correlación con el factor supera el 0,6. Esto no quiere decir que se excluyan para cada factor el resto de variables, sino que en aras a la caracterización del factor centraremos la atención en aquéllas que están más estrechamente correlacionadas.

Esta información es, precisamente, la que recoge el Cuadro 1 para los tres segmentos municipales considerados a nivel regional, y el de menos de 5.000 habitantes para cada una de las ocho provincias andaluzas. Al respecto, se puede observar que a nivel provincial el número de factores extraídos es 3 (salvo dos para Cádiz), lo cuales recogen como mínimo el 85% de la varianza total explicada. Este porcentaje se sitúa por encima del 96% si el ámbito territorial es Andalucía, tanto para este segmento de municipios como para los de entre 5.000 y 20.000 habitantes, aunque en ambos casos con una extracción de cuatro factores.

14 En concreto, 0,49 o incluso varias centésimas por encima.

CUADRO 1
NÚMERO DE FACTORES EXTRAÍDOS Y PORCENTAJE DE LA VARIANZA TOTAL EXPLICADA POR LOS MISMOS

	Municipios de menos de 5.000 hab.								Menos de 5.000	5.000 a 20.000	20.000 a 50.000
	AL	CA	CO	GR	HU	JA	MA	SE	Andalucía	Andalucía	Andalucía
Nº de factores	3	2	3	3	3	3	3	3	4	4	3
Varianza total (%)	88.8	88.3	88.6	86.1	92.0	87.3	85.1	90.8	96.3	97.6	86.6
Nº municipios	81	12	48	129	58	70	73	40	511	179	51

Fuente: Elaboración propia.

Notas: AL (Almería), CA (Cádiz), CO (Córdoba), GR (Granada), HU (Huelva), JA (Jaén), MA (Málaga), SE (Sevilla).

Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser

En cuanto a la interpretación de los componentes (Cuadro 2), observamos que el primero tiene una alta correlación con variables como potencia, puntos de luz, población y longitud, en general tanto a nivel provincial como regional y para los dos primeros segmentos de población considerados, con la única excepción de Sevilla. Todas estas variables conforman una dimensión que podríamos denominar “tamaño municipal”, ya que cuanto mayor es éste en población, así lo será en longitud viaria y, por tanto, en puntos de luz, que a su vez condicionan la potencia instalada. Esta relación es más evidente cuanto menor es la población municipal, ya que en estos casos la menor demanda de suelo y su mayor disponibilidad se traducen en un desarrollo urbanístico extensivo en lugar de en altura. Ello explicaría por qué población y longitud viaria no forman del primer factor, pero sí para el segundo en municipios de entre 20 y 50.000 habitantes.

CUADRO 2
NÚMERO DE FACTOR CON EL QUE ESTÁN CORRELACIONADAS (>0.6) LAS VARIABLES UTILIZADAS

	Municipios de menos de 5.000 hab.								Menos de 5.000	5.000 a 20.000	20.000 a 50.000
	AL	CA	CO	GR	HU	JA	MA	SE	Andalucía	Andalucía	Andalucía
Potencia	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Puntos de luz	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1
Longitud	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2
Población	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2
Puntos/Longitud	2	2	3	2	3	3	3	3	4	4	1
Potencia/Puntos	3	1	3	3	3	3	2	1	3	2	3
Puntos/Población	2	2	2	2	2	2	3	3	2	3	1
Potencia/Poblac.	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1

Fuente: Elaboración propia.

A partir de esas cuatro variables que integran el componente “tamaño municipal”, se obtuvieron diferentes ratios que también fueron sometidos al ACP e integran (a nivel provincial) los factores segundo y tercero. Aunque la peculiaridad de cada provincia se deja sentir en la asignación de dichas ratios a cada uno de los factores, se observa que, por lo general, el segundo factor está como mínimo integrado por la potencia instalada y los puntos de luz por habitante. Estas variables suelen presentar una correlación negativa con el factor “tamaño municipal”, lo cual es coherente con la presencia de la población en el denominador de las mismas.

Según el planeamiento urbano adoptado y las especificaciones técnicas del alumbrado público, pueden apreciarse ciertas diferencias entre ambas variables puesto que para los puntos de luz por habitante siempre es negativa, pero positiva para la potencia instalada por habitante en cuatro provincias: Cádiz, Córdoba, Granada y Sevilla. Por tanto, cuanto mayor es la población¹⁵ menor será el valor de estas variables, de ahí que el segundo factor pueda denominarse genéricamente como “densidad”. En algunas provincias como Almería, Cádiz y Granada, a esas variables se le unen los puntos de luz por metro lineal, si bien para el resto se encuentra correlacionada con el tercer factor.

Finalmente, los puntos de luz por metro lineal de vía y la potencia instalada media por punto de luz se han reducido a una única dimensión para las provincias de Córdoba, Huelva y Jaén. No obstante, para todas las provincias (salvo Cádiz, que no presenta un tercer factor), alguna de esas dos variables integra la dimensión que recogería el concepto de “intensidad” en materia de alumbrado público. En ambos casos, su incidencia en la situación del alumbrado público vendrá condicionada tanto por requerimientos técnicos¹⁶, como por el modelo urbanístico¹⁷.

Desde una perspectiva provincial se observan algunas diferencias respecto a la relación entre cada variable y los tres componentes mencionados, principalmente para Sevilla y, en menor medida, para Málaga: a) en Sevilla el principal componente recoge variables relacionadas con la potencia instalada (en valor absoluto, por punto de luz y por habitante), seguido por la dimensión “población”; y b) en Málaga la potencia por punto de luz está en el segundo factor y los puntos de luz por habitante están en el tercero.

Igualmente se ha realizado el análisis para el conjunto regional, incluyendo todos los segmentos de población considerados, ya que para los de más de 5.000 habitantes sí se dispone de un número suficiente de casos como para aplicar el análisis. Veamos las principales conclusiones que se derivan del mismo para cada segmento municipal (Cuadro 2):

15 Y, por tanto, su densidad en el núcleo urbano, ligado al desarrollo urbanístico en altura.

16 Forma de disposición de las luminarias o el tipo de lámparas existentes.

17 Anchura de las vías y dispersión de las edificaciones.

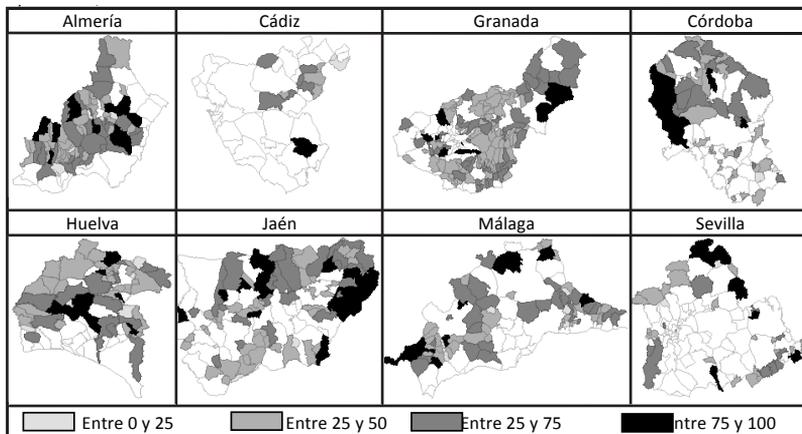
- a) Municipios menores de 5.000 habitantes, los componentes extraídos siguen la tónica general observada en el análisis provincial realizado anteriormente, a saber, el primer componente estaría integrado por las variables que hemos denominado “tamaño municipal”, el segundo por la “densidad” y los dos últimos por las variables que reflejan la “intensidad” en la prestación del servicio.
- b) Municipios de entre 5.000 y 20.000 habitantes, la distribución de variables por componentes es similar a la anterior con la única diferencia de la mayor importancia de la potencia por punto de luz y la menor de los puntos de luz por habitante. Ello se explicaría por la mayor anchura de las vías y la mayor concentración de la población, respectivamente.
- c) Municipios de entre 20.000 y 50.000 habitantes, la potencia instalada y los puntos de luz, tanto en valores absolutos como por habitante, y los puntos de luz por metro lineal, son las variables que integran el primer componente, en segundo lugar, estaría la longitud y la población, y finalmente la potencia por punto de luz. Como se puede apreciar, casi todas las variables relacionadas con el sistema de alumbrado público (en tamaño, densidad o intensidad) se integran en el primer componente.

4.2 Elaboración de índices sintéticos municipales en alumbrado público

Una vez obtenidos los factores o componentes principales de cada municipio en los diferentes segmentos considerados, el siguiente paso ha sido la elaboración a partir de los mismos de un índice sintético en materia de alumbrado público para cada municipio. Para ello se han utilizado las expresiones [1] y [2], la primera de ellas para la construcción del índice en sí, y la segunda para que se sitúe en un rango de 0 a 100. Aunque existen técnicas para clasificar los municipios según el índice obtenido (p.ej. análisis de conglomerados jerárquicos), en nuestro caso hemos optado por utilizar cuatro intervalos según el valor absoluto del índice.

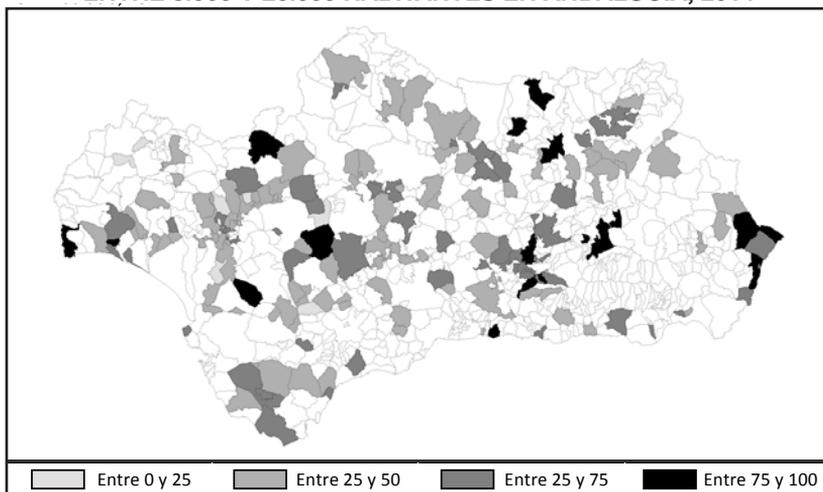
En primer lugar, y por lo que se refiere a los municipios de menos de 5.000 habitantes desde una perspectiva provincial, se observan varios hechos relevantes (Figura 1): a) en su mayoría no son municipios costeros; b) por lo general se sitúan en zonas de sierra; y c) los valores más altos del índice se suelen dar en zonas de baja densidad poblacional que, además, en muchos casos coinciden con zonas integrantes o aledañas a parques naturales. El mayor valor del índice para estos municipios se explica por el hecho de que cuando la población es reducida y se encuentra dispersa en el territorio, las administraciones públicas se ven obligadas a proveer un mínimo de servicio de alumbrado, cuyo coste total o en términos relativos es mayor que si la población estuviese concentrada en un único núcleo urbano.

FIGURA 1
ÍNDICE SINTÉTICO DE ALUMBRADO PÚBLICO PARA MUNICIPIOS DE MENOS DE 5.000 HABITANTES POR PROVINCIAS, 2014



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 2
ÍNDICE SINTÉTICO DE ALUMBRADO PÚBLICO PARA MUNICIPIOS DE ENTRE 5.000 Y 20.000 HABITANTES EN ANDALUCÍA, 2014

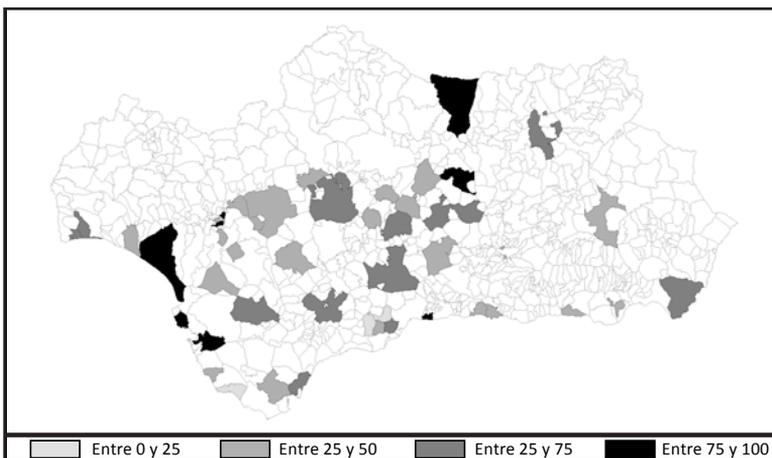


Fuente: Elaboración propia.

Por lo que se refiere a los municipios de entre 5.000 y 20.000 habitantes (Figura 2), se observa una dispersión importante de los mismos, no obstante, se pueden apreciar zonas con mayor agrupación de esos municipios como la rivera del Guadalquivir en la provincia de Sevilla, el área metropolitana de Granada, el sur de Cádiz o el noreste de Almería. Si centramos la atención en los 19 municipios de mayor índice, casi la mitad se encontrarían en las citadas zonas de Granada y Almería. Del resto, la mayoría corresponde a municipios interiores que constituyen centros comarcales de primer orden como Guadix en Granada, Baeza, Bailén y La Carolina en Jaén, o Marchena, Cazalla de la Sierra y Las Cabezas de San Juan en Sevilla.

Finalmente, para los 51 municipios andaluces cuya población se sitúa entre los 20.000 y 50.000 habitantes (Figura 3), cabe destacar que la gran mayoría se encuentran en el Valle del Guadalquivir y en zonas de costa (sobre todo de Cádiz y Huelva). Esa mayor población viene determinada en buena medida también por la mayor extensión de dichos municipios, así como por la mayor actividad económica. En total son nueve los municipios con un índice entre 75 y 100, sin que se encuentre ninguno en las provincias de Almería, Granada y Córdoba, si bien cabría diferenciarlos según el principal factor explicativo. Por un lado, estarían localidades como Almonte, Rincón de la Victoria o Rota, con una fuerte especialización en actividades turísticas, frente a otros como Andújar, Martos, Puerto Real o localidades del cinturón industrial de Sevilla, con un elevado peso del empleo industrial.

FIGURA 3
ÍNDICE SINTÉTICO DE ALUMBRADO PÚBLICO PARA MUNICIPIOS DE ENTRE 20.000 Y 50.000 HABITANTES EN ANDALUCÍA, 2014



Fuente: Elaboración propia.

5. MODELIZACIÓN DE LOS ÍNDICES SINTÉTICOS DE ALUMBRADO PÚBLICO

Una vez obtenido un índice sintético de alumbrado público para cada municipio andaluz de menos de 50.000 habitantes, el siguiente paso es obtener una expresión matemática para que a partir de diferentes combinaciones de las variables utilizadas se obtenga el valor del índice con un buen grado de ajuste. Para ello, vamos a utilizar un modelo de regresión múltiple en el que la variable dependiente será el índice previamente obtenido, y como independientes, las variables mencionadas anteriormente y, dado que se han elaborado diez índices¹⁸, igual será el número de modelos obtenidos. Además de su utilidad como herramienta para obtener índices municipales, su comparación pondrá en evidencia qué variables y en qué proporción determinan el valor de dicho índice en cada caso.

CUADRO 3
MODELOS PROVINCIALES ESTIMADOS PARA MUNICIPIOS DE MENOS DE 5.000 HABITANTES, 2014

Modelo	R ² aj.
$\widehat{I}_{AL} = -20,666 + 0,046\text{Puntos de luz} + 41,919\text{Puntos luz p. h.} + 314,582\text{Puntos luz p. m.}$	95,6
$\widehat{I}_{CA} = -8,761 + 1176,515\text{Potencia p. h.} + 0,009\text{Población}$	95,2
$\widehat{I}_{CO} = -28,772 + 93,033\text{Puntos luz p. h.} + 668,861 \text{ Puntos luz p. m.} + 0,282\text{Potencia}$	97,1
$\widehat{I}_{GR} = -1,288 + 316,914\text{Potencia por punto} + 0,027\text{Puntos luz} + 0,000\text{Longitud}$	88,6
$\widehat{I}_{HU} = -46,534 + 1514,179\text{Puntos luz p. m.} + 35,826\text{Puntos luz p. h.} + 0,002\text{Longitud} + 89,235\text{Potencia por punto de luz}$	98,2
$\widehat{I}_{JA} = -23,634 + 475,097\text{Puntos luz p. m.} + 605,782\text{Potencia p. h.} + 0,043\text{Puntos de luz}$	96,3
$\widehat{I}_{MA} = -4,249 + 0,226\text{Potencia} + 627,798\text{Potencia p. h.} + 0,024\text{Puntos de luz} + 0,004\text{Población}$	95,3
$\widehat{I}_{SE} = 10,520 + 0,133\text{Potencia} + 0,029\text{Puntos de luz} + 290,697\text{Puntos luz p. m.}$	97,1

Fuente: Elaboración propia.

El procedimiento utilizado para la selección de las variables se denomina “por pasos sucesivos” y, como su nombre indica consiste en ir estimando sucesivos modelos de regresión en los que se va añadiendo cada vez un regresor más. Aunque esta técnica proporciona en nuestro caso modelos con unos coeficientes de determinación muy buenos (R² ajustado por encima del 95%), hemos optado por ser muy exigentes y seleccionar aquellos que, aun teniendo unos coeficientes ligeramente inferiores, incorporen menor número de variables explicativas y no presenten ningún problema de colinealidad o de significación para los parámetros estimados al

18 Ocho para cada provincia andaluza con municipios de menos de 5.000 habitantes, y dos regionales para los siguientes segmentos de población.

1%. En cualquiera de los casos, una vez obtenido el modelo de regresión se debe comprobar que se verifican las hipótesis del modelo, así como tener en mente el fenómeno que se está estudiando.

Siendo, Potencia p.h. y Puntos luz p.h., la potencia instalada y los puntos de luz por habitante; y Puntos luz p.m., los puntos de luz por metro lineal de vía. Como se puede apreciar en el Cuadro 3, el grado de ajuste de los modelos provinciales es bastante bueno ya que salvo para Granada, en el resto su coeficiente de determinación ajustado supera el 95%. Ello nos proporciona una confianza más que razonable en la bondad los anteriores modelos para el cálculo del índice sintético provincial de alumbrado público. Algo similar se podría decir en relación con los obtenidos a nivel regional para los municipios de más de 5.000 habitantes (Cuadro 4), en donde quizá lo más llamativo es que para los municipios de entre 20.000 y 50.000 habitantes tan sólo aparece como variable explicativa los puntos de luz por habitante, a pesar de lo cual su coeficiente de determinación ajustado llega hasta el 81,4%.

CUADRO 4
MODELOS ESTIMADOS PARA MUNICIPIOS DE MÁS DE 5.000
HABITANTES A NIVEL REGIONAL, 2014

<i>De entre 5.000 y 20.000 habitantes</i>	<i>R² aj.</i>
$I_{AND\ 5000-20000} = -13,941 + 58,054 \text{Puntos luz p. h.} + 0,002 \text{Población} + 555,518 \text{Potencia p. h.} + 282,341 \text{Puntos luz p. m.}$	95,8
<i>De entre 20.000 y 50.000 habitantes</i>	
$I_{AND\ 20000-50000} = -99,261 + 499,466 \text{Puntos luz p. h.}$	81,4

Fuente: Elaboración propia.

A través de esos modelos se puede individualizar el impacto de cada variable en el valor del índice sintético, ya que cualquier coeficiente estimado representa el cambio en el valor de aquél ante un cambio unitario en la variable independiente, permaneciendo el resto de factores constantes. No obstante, es preciso llamar la atención sobre el hecho de que las variables introducidas en los modelos anteriores están expresadas en niveles con unidades diferentes (metros, personas, kilovatios, etc.), por lo que los coeficientes no son directamente comparables, de forma que no sabríamos cuál de todos ellos tiene una mayor incidencia en el índice.

Para poder enriquecer la interpretación económica de los modelos, hay que acudir a los coeficientes estandarizados que, al ser adimensionales no dependen de las unidades de medida de las variables a las que acompañan, por lo que son directamente comparables entre sí, ayudando a valorar la importancia relativa de cada variable independiente dentro de la ecuación.

CUADRO 5
COEFICIENTES TIPIFICADOS PARA LOS MODELOS ESTIMADOS

	Potencia	Puntos de luz	Población	Longitud viaria	Potencia p.h.	Puntos de luz p.h.	Puntos luz por metro	Potencia por punto de luz
Municipios de menos de 5.000 habitantes, provincias								
Almería		1,010				0,543	0,191	
Cádiz	0,715		0,508		0,867	0,617	0,319	
Granada		0,624		0,179				0,486
Huelva				0,604		0,306	0,659	0,160
Jaén		0,733			0,543		0,170	
Málaga	0,370	0,403	0,236		0,698			
Sevilla	0,629	0,487					0,188	
Municipios de entre 5.000 y 50.000 habitantes, Andalucía								
<20.000			0,616		0,483	0,327	0,192	
>20.000						0,922		

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Se ha sombreado el coeficiente estandarizado correspondiente a la variable que mayor peso tiene en el índice de cada territorio.

En el Cuadro 5 pueden observarse los coeficientes estandarizados para cada uno de los modelos estimados, pudiendo concluirse lo siguiente:

- En las provincias orientales el factor que determina en mayor medida el índice sintético es los puntos de luz. El menor tamaño de los municipios, su mayor número y la complicada orografía de estas provincias, explicaría esa circunstancia, lo cual es coherente con que los puntos de luz por metro lineal de vía también sean una variable explicativa para Almería y Jaén, o la longitud para Granada. En cambio, para Córdoba y Sevilla es la potencia, y la potencia por habitante para Málaga, lo cual es coherente con su mayor especialización en actividades industriales y turísticas.
- Para cinco de las ocho provincias andaluzas el número de puntos de luz tiene una contribución positiva al índice, para otras cinco su cociente con los metros de vía, y en cuatro en términos per cápita. Por tanto, los puntos de luz ya sea en valores absolutos o relativos determinan en buena medida el valor del índice, llegando incluso en algunos casos a superar globalmente el peso de la potencia, tanto en valores absolutos como relativos.
- A nivel regional, para los municipios de entre 5.000 y 20.000 habitantes, la población es la variable que más peso tiene en el índice, seguido de la potencia y puntos de luz, ambos en términos per cápita. En cambio, para los municipios de entre 20.000 y 50.000 habitantes, los puntos de luz por habitante son el único componente explicativo del índice sintético.

6. CONCLUSIONES

La construcción de índices sintéticos municipales que informen sobre la prestación de servicios públicos es hoy día una necesidad si se pretende gestionar con eficiencia las siempre escasas dotaciones presupuestarias. En este sentido, la introducción del concepto de coste efectivo como magnitud que nos aproxima a la eficiencia con que un servicio municipal es prestado ha supuesto un paso importante en la generación de la información necesaria para determinadas decisiones que los entes locales deben tomar. Sin embargo, el tomar tal información sobre coste efectivo de un servicio público local sin contextualizar dicho servicio puede dar lugar a toma de decisiones no deseables. Es por ello, que se hace necesario generar información adicional que permita encuadrar de una forma más adecuada dicha toma de decisiones.

En este trabajo se responde a esta demanda a través de una doble vía, por un lado, a través de una metodología para la elaboración de dichos indicadores y, por otro, estimando un modelo que permitiría simular el valor de los índices. Para ello, y a modo de ejemplo, se ha centrado la atención en el servicio de alumbrado público en Andalucía y a un doble nivel territorial: provincial y regional, y dentro de este último diferenciando en dos grupos según la población de sus municipios.

La construcción de los índices se ha basado en la información proporcionada por la EIEL correspondiente a 2014, que incluye tanto la potencia instalada como el número de puntos de luz. A la misma se han añadido ratios como la potencia media por punto de luz o por habitante, y los puntos de luz por metro lineal de vía o por habitante, depurando de este modo el efecto tamaño. Como esas variables tienen información conjunta, por medio de técnicas de análisis multivariante se han identificado los componentes principales (dimensiones) que determinan la situación de cada municipio en materia de alumbrado público. Al respecto, podemos concluir lo siguiente:

El factor que hemos denominado “tamaño municipal” presenta una alta correlación con variables como potencia, puntos de luz, población y longitud, ya que cuanto mayor es la población, así lo será en longitud viaria y, por tanto, en puntos de luz, que a su vez condicionan la potencia instalada. Esta relación es más evidente cuanto menor es la población municipal.

El factor denominado “densidad” está integrado por la potencia instalada y los puntos de luz por habitante. Estas variables presentan una correlación negativa con el “tamaño municipal”, en el sentido de que cuanto mayor es la población (y, por tanto, su densidad en el núcleo urbano, ligado al desarrollo urbanístico en altura), menor será el valor de estas ratios.

Los puntos de luz por metro lineal de vía y la potencia instalada media por punto de luz se han reducido a una única dimensión (que recogería el concepto de

“intensidad” en materia de alumbrado público) para las provincias de Córdoba, Huelva y Jaén. Su incidencia en la situación del alumbrado público viene condicionada tanto por requerimientos técnicos, como por el modelo urbanístico.

Desde una perspectiva regional, se observa que para los municipios de entre 20.000 y 50.000 habitantes, casi todas las variables relacionadas con el sistema de alumbrado público (en tamaño, densidad o intensidad) se integran en el primer componente.

Tras la obtención del correspondiente índice para cada ámbito territorial, cabe destacar lo siguiente:

Los mayores valores a nivel provincial (de menos de 5.000 habitantes) se dan para municipios de interior, en zonas de sierra y con baja densidad poblacional.

A nivel regional y para municipios de entre 5.000 y 20.000 habitantes, se aprecian zonas con mayores valores del índice como la riera del Guadalquivir en la provincia de Sevilla, el área metropolitana de Granada, el sur de Cádiz o el noreste de Almería. Del resto, la mayoría corresponde a municipios interiores que constituyen centros comarcales de primer orden.

Por último, para los 51 municipios andaluces cuya población se sitúa entre los 20.000 y 50.000 habitantes, los índices más elevados se encuentran en el Valle del Guadalquivir y en zonas de costa (sobre todo de Cádiz y Huelva). Esa mayor población viene determinada en buena medida por la mayor extensión de dichos municipios, así como por la mayor actividad económica (ya sea turística o industrial).

La estimación econométrica del índice permite concluir que en las provincias orientales la principal variable explicativa es el número de puntos de luz. El menor tamaño de los municipios, su mayor número y la complicada orografía de estas provincias, explicaría esa circunstancia, lo cual es coherente con que los puntos de luz por metro lineal de vía también sean una variable explicativa para Almería y Jaén, o la longitud para Granada. En cambio, para Córdoba y Sevilla es la potencia, y la potencia por habitante para Málaga, lo cual es coherente con su mayor especialización en actividades industriales y turísticas.

BIBLIOGRAFÍA

- ABDI, H. y WILLIAMS, L. J. (2010): "Principal component analysis". *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, 2(4), 433-459.
- ANGOITIA, M. y TOBES, P. (2011): "La eficiencia de la descentralización local en España: de la teoría del Federalismo Fiscal al gasto no obligatorio". En AA.VV. (2011): *Cómo reformar las Administraciones Territoriales*. Círculo de Empresarios, Madrid, 47-96.
- ARCELUS, F. J., AROCENA, P., CABASÉS, F., & PASCUAL, P. (2015). On the cost-efficiency of service delivery in small municipalities. *Regional studies*, 49(9), 1469-1480.
- BENITO, B., GUILLAMÓN, M., y BASTIDA, F. (2015): "Public versus private in municipal services management". *Lex Localis*, 13(4), 995.
- BOSCH, N. y SUÁREZ, J. (2015): "Politics and finance in spanish municipalities". *Hacienda Pública Española*, (212), 51-66.
- BUENDÍA, D. (2015): *Unidades físicas de referencia del coste efectivo*. Granada: Departamento de Economía Financiera y Contabilidad. Universidad de Granada. [<http://hdl.handle.net/10481/38033>]
- CALSAMIGLIA, X. (1990): "La financiación de las comunidades autónomas y el principio de solidaridad". *Revista de economía pública*, 6(1), 3-44.
- CARRASCO, D. y BUENDÍA, D. (2014): *Coste real versus coste efectivo de los servicios locales: La contabilidad analítica en la nueva instrucción del modelo normal de contabilidad local*. GECOSOL, Málaga.
- CARRASCO, D.; BUENDÍA, D.; AGUAYO, J.M.; SÁNCHEZ TOLEDANO, D. (2016): *Metodología para el análisis del coste/calidad de los servicios públicos municipales. Aplicación a los municipios menores de 20.000 habitantes de la provincia de Granada*. Diputación Provincial de Granada, Granada. [<http://www.dipgra.es/contenidos/metodologia-analisis-del-costecalidad-servicios-publicos-municipales/>]
- CARRASCO, D., BUENDÍA, D., y LLORENTE-MUÑOZ, V. (2016): "Síntesis y análisis del coste efectivo de los servicios públicos". *Auditoría Pública: Revista de los Órganos Autónomos de Control Externo*, (67), 39-49.
- CASTRO, J. M. (2004): *Indicadores de desarrollo sostenible urbano. una aplicación para Andalucía*. Sevilla: Instituto de Estadística de Andalucía.
- DEPARTAMENTO DE HACIENDA Y FINANZAS (2016): *Orden Foral 309/2016, de 10 de junio, por el que se establecen los plazos y los criterios de cálculo del coste efectivo de los servicios prestados por las entidades locales de Gipuzkoa*. Boletín Oficial de Gipuzkoa nº 117, de 21 de junio.
- ESCOBAR, L. A. (2008): "Indicadores ambientales sintéticos: Una aproximación conceptual desde la estadística multivariante". *Gestión y Ambiente*, 11(1), 121-140.
- GARCÍA, I., GIL, C., RAPÚN, M., y PASCUAL, P. (1998): "Una propuesta metodológica para la ordenación de las infraestructuras regionales". *Revista de Estudios Regionales*, (51), 145-170.
- GUERRERO, M. (2011): *La gestión de la calidad total en los ayuntamientos españoles: modelos y experiencias*. Instituto Nacional de Administración Pública, Madrid.
- HOTELLING, H. (1933): "Analysis of a complex of statistical variables into principal components". *Journal of Educational Psychology*, 24(6), 417.
- HUGGINS, R. (2010): "Regional competitive intelligence: Benchmarking and policy-making". *Regional Studies*, 44(5), 639-658.
- IBARLOZA, A.; ERKIZIA, A., MALLE, E. (2017): "Implantación de una metodología cooperativa de cálculo de costes de los servicios públicos locales". *Revista de Contabilidad*, 20(2), 210-224.
- JIMÉNEZ, J. D., SÁNCHEZ, Á, MONTERO, R., y LÓPEZ, R. (2013): "Una propuesta de elaboración de indicadores de desarrollo sostenible en los municipios andaluces". En J. A. CAMACHO y Y. JIMÉNEZ (Eds.), *Desarrollo regional sostenible en tiempos de crisis* (pp. 315-344). Granada: Universidad de Granada.
- JIMÉNEZ, R. (2011): "Las instituciones locales en tiempo de crisis: Reforma institucional y gestión de recursos humanos en los gobiernos locales". *Cuadernos de Derecho Local*, 25, pp. 57-77.
- JOBSON, J.D. (1992): *Applied multivariate data analysis*. New York: Springer-Verlag.
- JOHNSON, R. A. y WICHERN, D. W. (2007): *Applied multivariate statistical analysis*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.

- KIM, J. y MUELLER, C. W. (1978): *Factor analysis: Statistical methods and practical issues*. Beverly Hills, CA: Sage Publications, Inc.
- LAWLEY, D. N. y MAXWELL, A. E. (1971): *Factor analysis as a statistical method*. New York: American Elsevier.
- MARTÍNEZ-CÓRDOBA, P.J.; GUILLAMÓN, M^a. D.; BENITO, B. (2018): "Los determinantes del coste efectivo del servicio de policía local". Trabajo presentado al XVIII Encuentro de la Asociación Española de Profesores Universitarios de Contabilidad (ASEPUC). Madrid. 20-22 de junio de 2018.
- MUÑOZ, A. (1999): *La gestión de la calidad total en la administración pública*. Ediciones Díaz de Santos, S.A., Madrid.
- O'ROURKE, N., PSYCH, R., y HATCHER, L. (2013): *A step-by-step approach to using SAS for factor analysis and structural equation modeling*. Cary, North Carolina: Sas Institute Inc.
- PERSON, K. (1901): "On lines and planes of closest fit to system of points in space". *Philosophical Magazine*, 2, 559-572.
- PETERS, W. S. y BUTLER, J. Q. (1970): "The construction of regional economic indicators by principal components". *The Annals of Regional Science*, 4(1), 1-14.
- 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(3), 149-162.
- PRIETO, Á M., ZOFÍO, J. L., y ÁLVAREZ, I. (2015): "Cost economies, urban patterns and population density: The case of public infrastructure for basic utilities". *Papers in Regional Science*, 94(4), 795-816.
- SILVA, J., MENDES, J. F., y SILVA, L. T. (2010): "Assessment of energy efficiency in street lighting design". *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 129, 705-715.
- THOMPSON, B. (2004): *Exploratory and confirmatory factor analysis: Understanding concepts and applications*. Washington, DC: American Psychological Association.
- URIEL, E. (1995): *Análisis de datos: Series temporales y análisis multivariante*. Madrid: Editorial AC.
- URIZ, P. y CANCERO, J. R. (1994): "Una metodología general para la elaboración de índices complejos de dotación de infraestructuras". *Revista de Estudios Regionales*, (40), 167-188.
- VYAS, S. y KUMARANAYAKE, L. (2006): "Constructing socio-economic status indices: how to use principal components analysis", *Health Policy and Planning*, 21 (6), 459-468.

