

LA DIMENSIÓN TERRITORIAL DEL CONSUMO ELÉCTRICO EN ANDALUCÍA A ESCALAS DETALLADAS

María Fernanda Pita y Gabriel Orozco
*Universidad de Sevilla**

RESUMEN

El trabajo analiza las pautas espaciales seguidas por el consumo de energía eléctrica en los municipios andaluces. Sobre los 661 municipios que reciben suministro eléctrico de Sevillana-ENDESA, se toman en consideración 11 variables alusivas al consumo eléctrico total y sectorial y a factores económicos y demográficos determinantes de aquéllos. Su análisis permite observar la plasmación espacial de los consumos y realizar una tipología de los municipios con arreglo a su comportamiento consumidor. Como resultado de la tipología se establecen cinco tipos diferentes de municipios en la comunidad andaluza.

Palabras Clave: Consumo Eléctrico, Andalucía, Análisis en Componentes Principales, Análisis Cluster.

The territorial dimension of electrical power consumption in Andalusia at detailed scales

ABSTRACT

This paper analyzes the spatial patterns followed by the consumption of electricity in the Andalusian municipalities. 11 variables related to the total and sectorial power consumption as well as economic and demographic factors of them have been taken into account in the 661 municipalities that receive electricity from Sevillana-ENDESA. Their analysis allows observing the spatial pattern of consumption and making a typology of municipalities according to their consumption behavior. As a result a typology with five different types of municipalities is set out.

Keywords: Power Consumption, Andalusia, Principal Component Analysis, Cluster Analysis

1. INTRODUCCIÓN

La energía constituye uno de los recursos más importantes para cualquier territorio, y no escapa a esa ley Andalucía, donde además presenta peculiaridades dignas de reseñar. A nivel general merece destacarse su carácter de recurso estratégico, de ahí la búsqueda constante por parte de los países del mayor grado de autonomía energética. Es también destacable el aumento creciente y generalizado de los consumos, especialmente asociado al crecimiento económico y a la subida del nivel de vida de las poblaciones. En este sentido, el consumo energético constituye

Fecha de recepción: 17 de mayo de 2012.

Fecha de aceptación: 9 de julio de 2012.

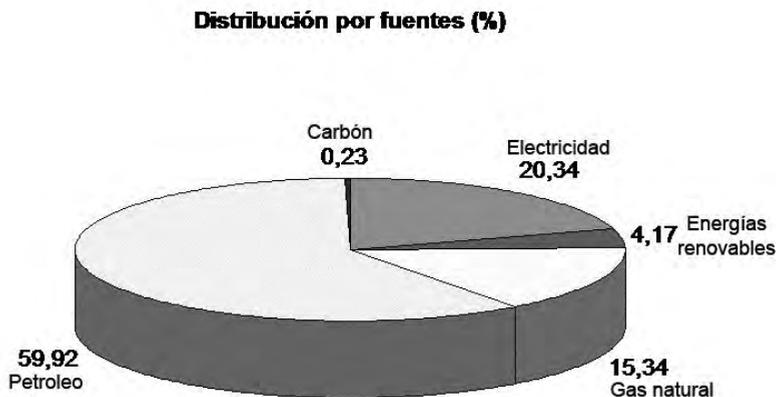
* Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional. Universidad de Sevilla. C/ Doña María de Padilla, s/n. 41004 Sevilla (España). E-mail: mfpita@us.es, gaborofru@gmail.com

un buen indicador para expresar el grado de desarrollo de las sociedades (Coq, 2003; Madrid Calzada, 1996; Zoido Naranjo y Caracava Barroso, coord., 2005; Pita López y Pedregal Mateos, coord., 2011). Pero eso no debe hacernos olvidar los problemas ambientales que su uso genera, entre los que destacan la sobreexplotación de un recurso en principio no renovable y, sobre todo, la contaminación que se deriva de estos consumos, cuya manifestación más amenazante sería la emisión hacia la atmósfera de gases de efecto invernadero (MMARM, 2007).

Considerado como variable económica y ambiental, y al igual que otras muchas variables de este tipo, el consumo energético tiene una dimensión territorial innegable, que se manifiesta a todas las escalas espaciales (Espejo Marín, 2012; Coq, 2003). En las escalas de detalle, como la municipal o comarcal, esta ley también se cumple, si bien en este caso existe un problema a la hora de analizar la dimensión territorial, y es la falta de fuentes de información aptas para dicho análisis, dado que en las escalas municipales no existen datos de consumo energético total. Para paliar su ausencia puede recurrirse a los datos disponibles acerca del consumo eléctrico municipal, los cuales pueden constituir una aproximación razonable al consumo energético total.

La aproximación es solo razonable en la medida en que el consumo eléctrico en Andalucía representa solamente el 20,34% del consumo energético total (ver figura 1). No obstante, en algunos sectores adquiere plena representatividad; es el caso del sector residencial, donde la electricidad supone el 58% del consumo total, y del sector servicios, en el que éste supera el 86%, constituyendo la fuente fundamental de energía (Agencia Andaluza de la Energía, 2009). Ello legitima su uso para el análisis de la dimensión territorial del consumo energético en Andalucía, aunque con las limitaciones mencionadas.

Figura 1. Consumo de energía final en Andalucía en 2007 por fuentes.



Fuente: Elaboración propia a partir de Agencia Andaluza de la Energía, 2009.

2. OBJETIVOS Y FUENTES

En consonancia con estas premisas, el objetivo del trabajo es el análisis de las pautas territoriales seguidas por el consumo eléctrico en los municipios andaluces, tomando en consideración, no sólo los consumos totales registrados, sino también los consumos sectoriales, además de las formas concretas como éstos se combinan en cada municipio. Para ello, tras el

examen de la distribución espacial de los consumos eléctricos totales y sectoriales, procedemos a realizar una tipología de los municipios andaluces en función de las variables expresivas del consumo eléctrico, así como de otras variables que pueden considerarse factores determinantes de dichos consumos.

Las variables utilizadas en el estudio son las establecidas en el cuadro 1, que incluyen los datos absolutos de consumo eléctrico municipal tanto total como sectorial; además, se han añadido dos variables relativas: el consumo eléctrico por habitante y el consumo agrícola por superficie agraria útil (SAU); por último, se ha consignado también la población total municipal y la renta neta media declarada, por entender que ambas constituyen importantes factores del consumo eléctrico; la primera asociada esencialmente al consumo residencial, y la segunda por ser la aproximación más cercana disponible sobre el nivel de vida de las poblaciones y sobre la propia actividad económica de las mismas, existiendo fuertes consumos cuando alcanzan valores elevados.

Cuadro 1. Variables seleccionadas para el estudio.

Tipos de variables	Variabes	Unidades
Absolutas	Consumo eléctrico total	MWh/año
	Consumo eléctrico en agricultura	MWh/año
	Consumo eléctrico en industria	MWh/año
	Consumo eléctrico en comercio y servicios	MWh/año
	Consumo eléctrico residencial	MWh/año
	Cons. eléct. en admon. y servicios públicos	MWh/año
	Otros	MWh/año
Relativas	Cons. agrícola respecto a la superficie agraria útil (SAU)	MWh/año/SAU
	Consumo eléctrico total por habitante	MWh/año/hab
Demográficas	Población total	Hab
Económicas	Renta neta media declarada	Euros

Fuente: Elaboración propia.

La fuente utilizada para su conocimiento ha sido el Sistema de Información Multiterritorial de Andalucía (SIMA), elaborado por el Instituto de Estadística de Andalucía y disponible en la web (<http://www.juntadeandalucia.es:9002/sima/index.htm>). De él hemos obtenido información municipal acerca del consumo eléctrico registrado en el año 2007 en los 661 municipios que son suministrados por la compañía Sevillana-ENDESA, la mayoría de los que componen el mosaico regional.

La tipología se ha realizado en un proceso en dos fases: en la primera de ellas, para reducir información, y evitar la presencia de variables correlacionadas y redundantes, se ha aplicado un análisis en componentes principales (ACP) con rotación varimax; en la segunda fase, sobre los componentes resultantes, se ha empleado un análisis cluster con el fin de obtener la tipología final de los municipios. Se ha utilizado un cluster jerárquico ascendente con similitudes intragrupos y distancia euclídea al cuadrado como expresión de la distancia.

3. RESULTADOS

3.1. El consumo eléctrico total

El consumo eléctrico total de Andalucía en el año 2007 ascendió a 37.389.310 MWh, de los cuales más del 50% se produjo en las ciudades mayores de 50.000 habitantes, lo que refleja el peso fundamental ejercido por el factor volumen poblacional sobre el consumo total de energía (ver cuadro 2). Este efecto se observa también claramente en la figura 2, que muestra a la depresión del Guadalquivir y al litoral con los consumos más elevados, asociados a las capitales de provincia y algunos términos limítrofes de sus aglomeraciones urbanas. Destacan también algunos municipios costeros de fuerte actividad turística e importante renta, y algunas ciudades medias (Utrera, Antequera...) y localidades de menor tamaño pero claramente asociadas a una fuerte actividad económica (Lucena, Bailén...). Por el contrario, Sierra Morena y las Béticas a lo largo del sur de Jaén, Granada y Almería, poseen los valores menores, destacando por su extremadamente bajo consumo parte de la Sierra de Huelva y de la Cuenca Minera, además de Las Alpujarras y el Campo de Tabernas.

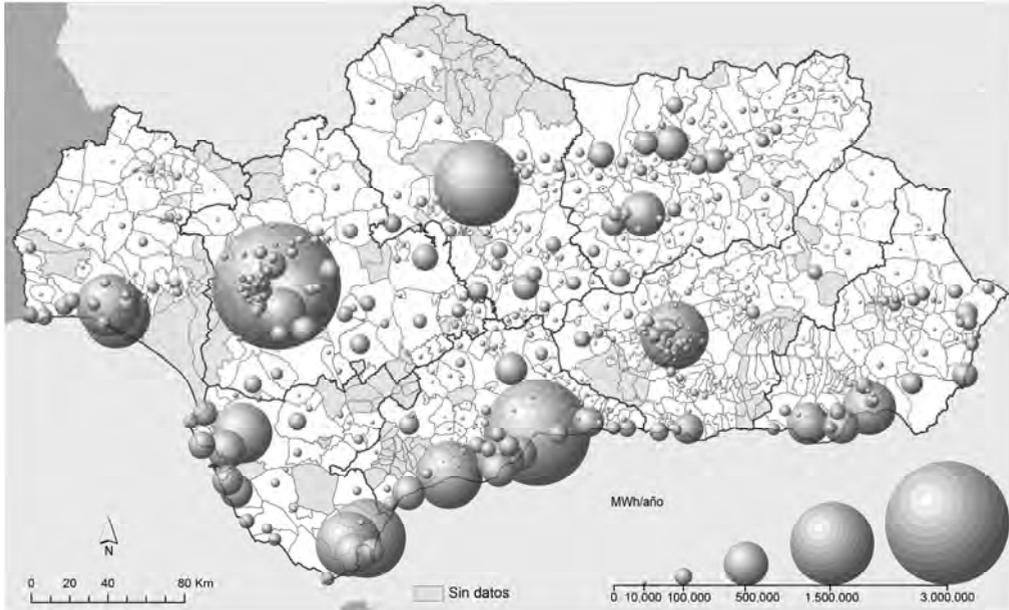
Cuadro 2. Distribución del consumo eléctrico según tamaño poblacional en 2007.

Tamaño municipal (Hab)	Nº municipios	Consumo total (MWh)	% sobre total Andalucía	Cons/hab (MWh/hab)
<=2000	246	743.072	1,99	3,34
2001-10000	262	5.833.336	15,6	4,53
10001-20000	68	4.167.584	11,15	4,41
20001-50000	47	7.599.141	20,32	6,21
50001-100000	17	5.953.565	15,92	5,29
100001-500000	9	7.632.923	20,41	4,98
>500000	2	5.459.689	14,6	4,3
TOTAL	651	37.389.310	100	4,95

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del SIMA.

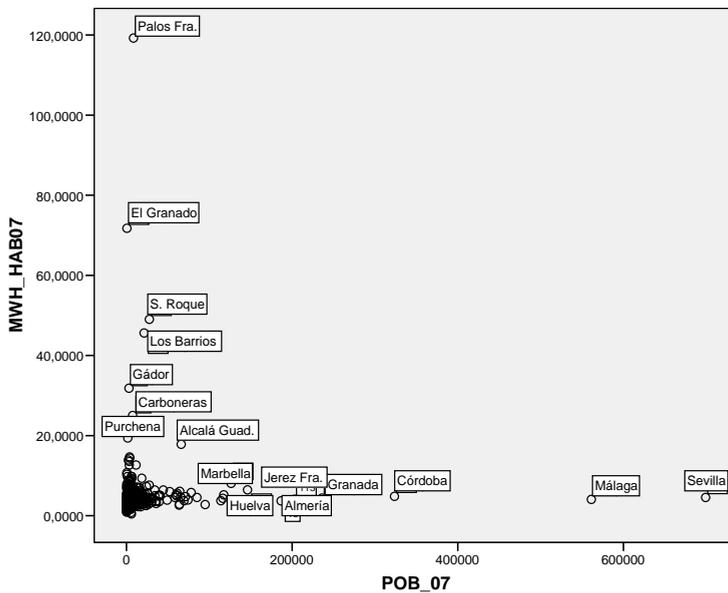
Respecto al consumo medio municipal por habitante, éste aumenta progresivamente a medida que se incrementa la población, pero alcanza su máximo en el intervalo comprendido entre 20.000 y 50.000 habitantes, a partir del cual vuelve a descender, aunque sin recuperar nunca los valores tan bajos de los núcleos de población más pequeños. Y es que, en realidad, las mayores tasas de consumo por habitante se registran en los núcleos dotados de instalaciones industriales de elevada intensidad energética. Es el caso de Palos de la Frontera, Los Barrios o San Roque, que cuentan con importantes polígonos industriales; es también el caso Carboneras, que asocia a la actividad industrial la producción energética derivada de su central térmica; también se encuentran en este bloque el municipio de El Granada, en Huelva, que debe su elevado valor a los fuertes consumos generados por la central hidroeléctrica y presa del Chanza, y los municipios almerienses de Gádor y Purchena, en los que la responsabilidad de los consumos es atribuible a la industria cementera y la industria del mármol respectivamente (ver figuras 3 y 4).

Figura 2. Mapa del consumo eléctrico total municipal en Andalucía en 2007.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos procedentes del SIMA.

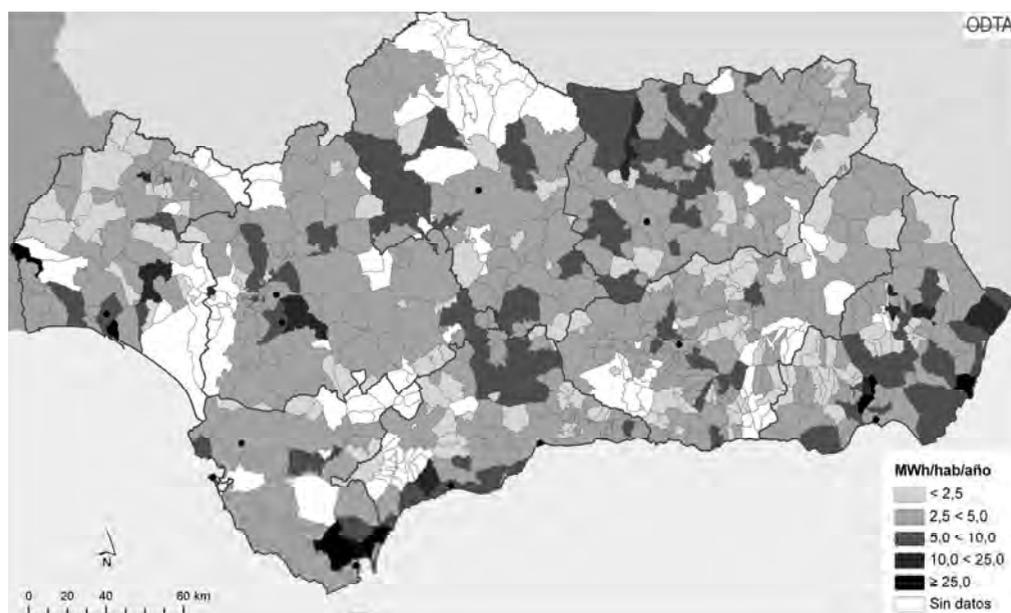
Figura 3. Diagrama de dispersión entre el consumo de energía eléctrica por habitante y la población en los municipios andaluces para el año 2007.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del SIMA.

Las grandes ciudades tienen consumos por habitante bastante moderados, aunque sin ocupar el intervalo más bajo, que suele corresponder a municipios de pequeño volumen demográfico y situados en áreas serranas, lo que puede relacionarse con la existencia en ellos de una población generalmente envejecida y bajo-consumidora y de una escasa actividad económica. De cualquier forma, la relativa similitud existente en los consumos por habitante entre los municipios de menor volumen demográfico y las grandes ciudades (ver cuadro 2) parece apuntar hacia la existencia de una mayor eficiencia energética en estas últimas, asumida la hipótesis de que la actividad económica y el Producto Interior Bruto (PIB) generado en ellas serían muy superiores a los de los pequeños núcleos. Desgraciadamente, la inexistencia de datos relativos al PIB o al consumo energético total a nivel municipal nos impide verificar tal hipótesis.

Figura 4: Mapa del consumo eléctrico municipal por habitante en Andalucía en 2007.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del SIMA.

3.2. La distribución sectorial del consumo eléctrico

La distribución sectorial del consumo eléctrico en Andalucía aparece recogida en el cuadro 3, el cual pone claramente de manifiesto la importancia del consumo residencial, que engloba el 35,8% de los consumos totales. Si le añadimos los sectores de industria, comercio y servicios, en conjunto totalizan el 84% del consumo total.

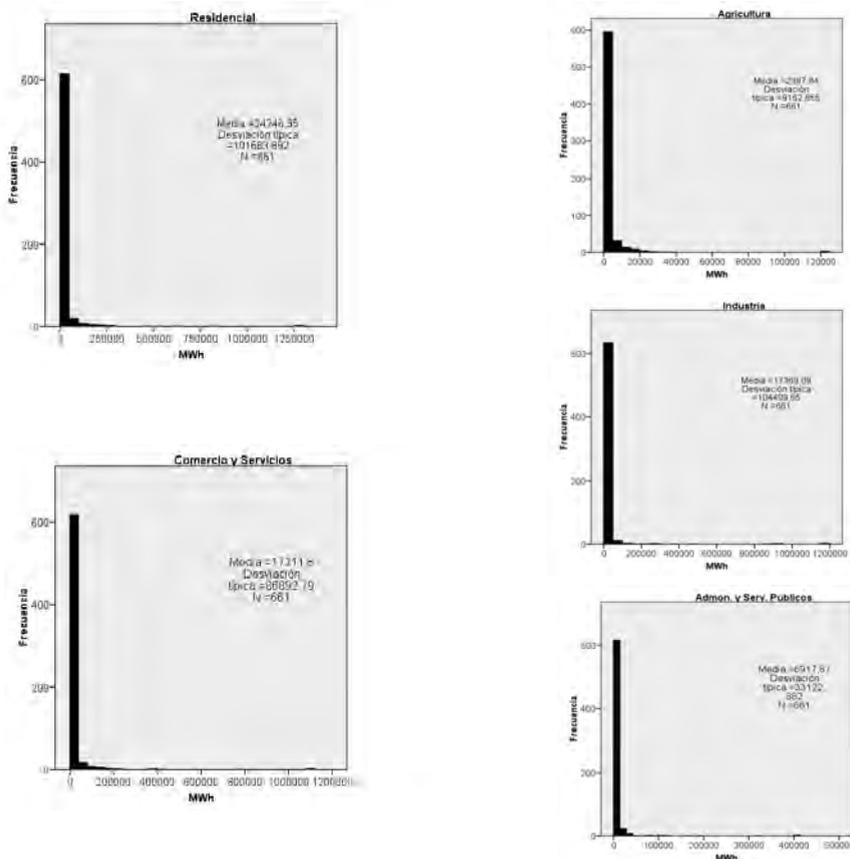
Cuadro 3. Consumo de energía eléctrica en Andalucía por sectores (2007).

Sectores	Consumo eléctrico MWh	%
Agricultura	1.322.372	3,53
Industria	9.014.810	24,09
Comercio y servicios	9.100.563	24,32
Residencial	13.385.818	35,8
Administración y Servicios Públicos	3.726.723	9,96
Otros	863.945	2,3
TOTAL	37.414.231	100

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del SIMA.

En todos los casos el hecho más destacado es el marcado desequilibrio existente entre los distintos municipios, con consumos muy bajos en la mayoría de ellos, pero con valores muy elevados en unos escasos términos municipales, que propician la aparición de histogramas de frecuencias fuertemente asimétricos (ver figura 5).

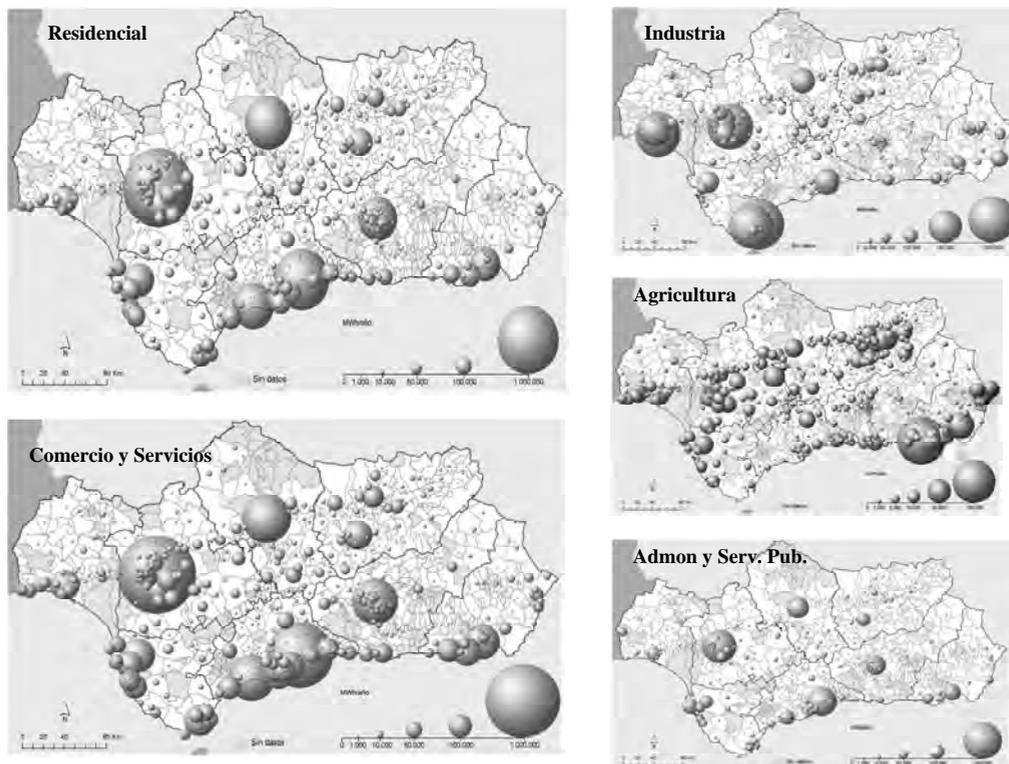
Figura 5. Histogramas de frecuencias de los consumos sectoriales de electricidad en Andalucía (2007).



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del SIMA.

En la mayoría de los casos son las grandes ciudades y las áreas costeras las que registran los consumos más elevados; no obstante, esta es la configuración espacial que caracteriza especialmente al sector residencial y al de comercio y servicios, pero en los restantes sectores pueden apreciarse matices sobre esta configuración básica (ver figura 6). Así, en los consumos industriales la presencia de las grandes ciudades se desdibuja algo ante el fuerte impacto de los polígonos industriales –Huelva, Campo de Gibraltar– ; en el consumo asociado a la Administración y los Servicios Públicos el protagonismo recae sobre las capitales provinciales; por último, los consumos agrícolas, dibujan el gran eje de los regadíos del valle del Guadalquivir y de las áreas costeras de la región, entre las que destaca con total evidencia el peso importante de la agricultura intensiva almeriense.

Figura 6. Mapas de consumos de energía eléctrica en Andalucía por sectores (2007).



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del SIMA

3.3. La tipología de los municipios andaluces en función de su comportamiento en relación con el consumo de energía eléctrica

La consideración conjunta de todas las variables analizadas sobre los municipios andaluces permite su clasificación atendiendo al comportamiento consumidor de cada uno de ellos. Un Análisis en Componentes Principales (ACP) ha permitido reducir la información en una primera fase, en tanto que en la segunda, con los componentes seleccionados se ha procedido a realizar la clasificación mediante Análisis Cluster.

Como resultado del ACP sobre las 11 variables analizadas se han seleccionado tres componentes que en conjunto explican el 76,84% de la varianza total y cuyo significado puede deducirse fácilmente a partir de las correlaciones que presentan con las variables originales (cuadro 4).

Cuadro 4. Matriz de componentes rotados (Coeficientes de correlación de Pearson entre las variables y los componentes rotados).

Variables	Componentes		
	1	2	3
Población	0,977	0,090	0,143
Consumo comercio y servicios	0,974	0,087	0,150
Consumo residencial	0,972	0,090	0,167
Consumo admon. y servicios públicos	0,964	0,111	0,123
Consumo total	0,876	0,425	0,145
Consumo total por habitante	-0,080	0,909	0,104
Consumo industrial	0,249	0,851	0,019
Consumo otros sectores	0,481	0,556	0,161
Consumo agrícola/SAU	-0,067	-0,085	0,844
Renta neta media declarada	0,294	0,260	0,529
Consumo agricultura	0,181	0,094	0,433
% varianza explicada	45,17	19,63	12,03

Fuente: Elaboración propia

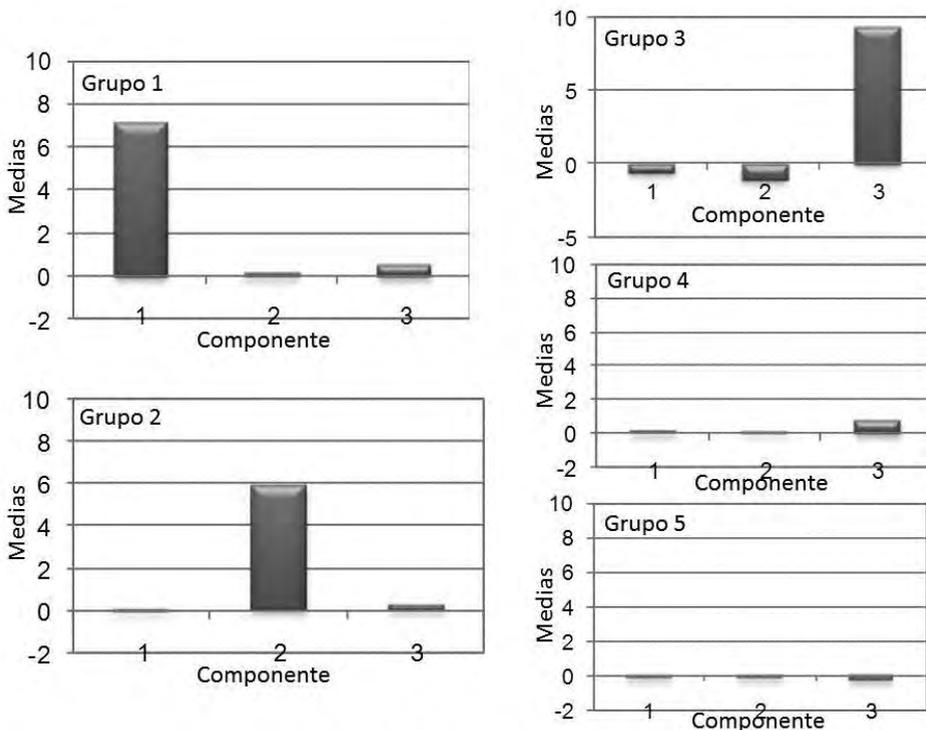
El componente 1 se define a partir de la variable población y los consumos asociados a la vida urbana, lo que lo identifica como un componente eminentemente urbano. De hecho, los cinco municipios con mejor puntuación en este componente son Sevilla, Málaga, Córdoba, Granada y Marbella.

El componente 2 se asocia a un fuerte consumo industrial, acompañado de un elevado consumo por habitante. Si a esto se añade que los cinco municipios mejor situados en el componente son Palos de la Frontera, San Roque, Los Barrios, Alcalá de Guadaíra y El Granado, se puede afirmar que se trata del componente industrial.

El componente 3 se correlaciona fuertemente con el consumo agrícola, tanto absoluto como relativo, y con la renta neta media declarada. Teniendo en cuenta que los municipios que mejor se sitúan en él son Fuengirola, Huércal de Almería, Benalmádena, Viator y El Ejido, puede definirse como un componente de rentas altas y agricultura intensiva, aunque no siempre los altos valores de renta se derivan exclusivamente de la actividad agrícola.

La aplicación del análisis cluster sobre los componentes seleccionados conduce a una clasificación en cinco grandes grupos de municipios (ver figuras 7 y 8).

Figura 7. Valores medios de los componentes en los diferentes grupos.



Fuente: Elaboración propia

- **Grupo 1: Las grandes ciudades.** Los municipios de este primer tipo se caracterizan por el predominio claro del componente 1, lo que permite catalogarlos como ámbitos eminentemente urbanos. En efecto, la figura 8 muestra dentro de este tipo a todas las capitales provinciales, además de Jerez de la Frontera y Marbella. Son destacables dentro del grupo los municipios de Sevilla y Málaga, en los que el componente 1 alcanza los valores de 16,78 y 12,39 respectivamente.

- **Grupo 2: Los municipios industriales.** El segundo grupo posee mayor presencia del segundo factor, relacionado con el consumo eléctrico en industria y con altos valores de consumo eléctrico por habitante. Estos municipios se distribuyen en el territorio de manera más dispersa, y entre ellos pueden establecerse a su vez algunas distinciones en función de sus niveles de consumo eléctrico. En este sentido los niveles más elevados se localizan claramente en Palos de la Frontera; le siguen con una importancia menor Huelva, Alcalá de Guadaíra o Los Barrios y, por último, los consumos más moderados se producen en términos con menor industrialización tales como Antequera, Carboneras o Gádor.

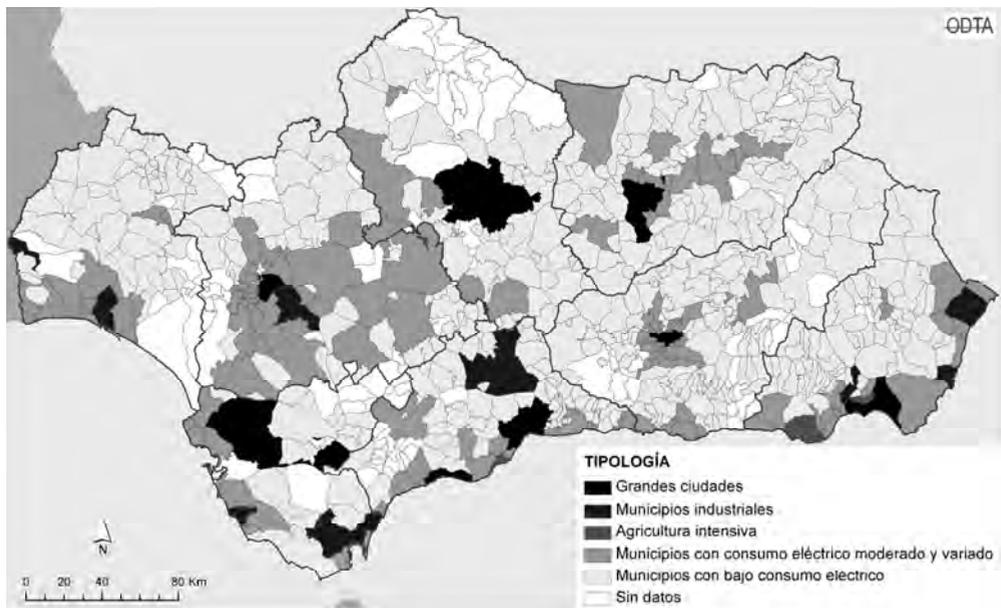
- **Grupo 3: La agricultura intensiva.** Se individualiza un tercer grupo de municipios con fuerte presencia del componente 3 y que se identifica con la agricultura intensiva por la fuerte correlación que este componente presenta con el consumo eléctrico por superficie agraria útil (SAU), si bien está asociado también a una renta neta media declarada elevada. A su vez, se pueden diferenciar dos tipos de municipios dentro de este grupo: aquellos en los que las elevadas rentas se derivan esencialmente del turismo, como Fuengirola y Benalmádena, y aquellos otros

en los que la renta alta deriva de la agricultura intensiva, como es el caso de El Ejido, Huércal de Almería o Viator.

- **Grupo 4: Los municipios con consumo eléctrico moderado y variado.** El grupo 4 integra un numeroso conjunto de municipios en los que todos los componentes adoptan valores muy bajos, próximos a la media andaluza, aunque siempre positivos, es decir ligeramente superiores a esta media. Destaca, aunque también modestamente, el tercer componente, el asociado a la renta elevada y al consumo eléctrico agrario. Los municipios se sitúan preferentemente en las áreas metropolitanas de las grandes ciudades, el eje del valle del Guadalquivir y las zonas costeras (figura 8).

- **Grupo 5: Los municipios con bajo consumo eléctrico.** En el último grupo los tres componentes adoptan valores negativos, lo que implica que sus consumos eléctricos y factores asociados muestran siempre valores inferiores a la media de Andalucía. Su ubicación preferente está en las áreas serranas, que se pueden individualizar por sus escasos consumos eléctricos, asociados normalmente a su escaso dinamismo económico e incluso demográfico.

Figura 8. Tipología de municipios en función de sus pautas de comportamiento en el consumo de energía eléctrica.



Fuente: Elaboración propia

4. CONCLUSIONES

Entre los resultados del estudio merecen destacarse los siguientes:

- El fuerte desequilibrio existente en los consumos municipales, con una inmensa mayoría de municipios bajo-consumidores y algunos otros en los que, por el contrario, los consumos son muy elevados. Estos últimos reflejan a su vez los fuertes desequilibrios demográficos

- y económicos existentes en la región, donde escasos núcleos concentran la mayor parte de la población y de la economía regional (Pita López y Pedregal Mateos, 2011).
- Estos desequilibrios son especialmente marcados en el sector industrial (muy polarizado en Andalucía), el residencial y el de comercio y servicios. Por el contrario, la agricultura dibuja un panorama menos desequilibrado y con distribuciones espaciales complementarias de los anteriores.
 - Los fuertes consumos de las grandes ciudades resultan, en parte, de consumos por habitante también elevados. No obstante, éstos son inferiores a los registrados en municipios medios de carácter industrial y se asemejan mucho a los registrados en los municipios de menor volumen demográfico. Si asociamos este hecho a la mayor productividad económica de las grandes ciudades, podríamos apuntar a la hipótesis de la mayor eficiencia energética de éstas frente a los pequeños municipios. Tal hipótesis solo podría ser verificada en caso de disponer de datos de consumo energético total y de Producto Interior Bruto (PIB) a escala municipal, lo cual no sucede en estos momentos.
 - La consideración conjunta de los consumos sectoriales de electricidad, más los datos demográficos y económicos, conduce a una clasificación de los municipios andaluces en cinco tipos diferentes. Las grandes ciudades y los municipios industriales se individualizan entre ellos, pero, además, surge con nitidez la diferenciación de un grupo de municipios alto-consumidores asociados a la agricultura intensiva, a las rentas elevadas de la población y con ubicación preferentemente costera. La tipología también permite distinguir entre los municipios rurales aquéllos cuyos consumos eléctricos son siempre inferiores a la media regional, de aquellos otros en los que, al menos, los consumos agrícolas superan ligeramente la media, lo que traduciría una actividad económica algo más intensa.

5. REFERENCIAS

- AGENCIA ANDALUZA DE LA ENERGÍA (AAA) (2009): *Datos energéticos de Andalucía 2007*. Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa, Junta de Andalucía, Sevilla.
- COQ, D. (2003): “Distribución espacial y modelización econométrica del consumo energético. El caso de Andalucía”, en *XVII Congreso de la ASEPELT*, Almería, 2003.
- ESPEJO MARÍN, C. (2012): “Energía y territorio: dinámicas y procesos”. En GOZALVEZ, V. y MARCO, J.A. (Eds.) (2012): *Geografía, retos ambientales y territoriales*. Asociación de Geógrafos Españoles y Universidad de Alicante, Alicante.
- INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA (IDEA) (2007): *Estrategia de ahorro y eficiencia energética en España 2004-2012 (E4)*. Plan de Acción 2008-2012, Madrid.
- INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA (IDEA) (2008): “Análisis global y sectorial de la evolución del consumo y de la intensidad energética en España. Comparación a nivel europeo”. *Boletín Electrónico del IDAE*. 48.
- INSTITUTO DE ESTADÍSTICA DE ANDALUCÍA (IEA) (en línea): *Sistema de Información Multiterritorial de Andalucía (SIMA)*. Consejería de Economía, Innovación y Ciencia. Disponible en <http://www.juntadeandalucia.es:9002/sima/index2.htm>.
- MADRID CALZADA, R. M. (1996): “El consumo eléctrico, un indicador del desarrollo económico”. En MADRID CALZADA, R. M. (1996): *Consumo y producción de energía eléctrica en Andalucía (1880-1990)*. Universidad de Sevilla, Sevilla.

- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO (MMARM) (2007): *Estrategia Española de Cambio Climático y Energía Limpia. Horizonte 2007-2012-2020*. Madrid.
- PITA LÓPEZ, M.F. y PEDREGAL MATEOS, B. (Coords.) (2011): *Tercer Informe de Desarrollo Territorial de Andalucía*, Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla, Sevilla
- SOCIEDAD PARA EL DESARROLLO ENERGÉTICO DE ANDALUCÍA (SODEAN) (2003): *Eficiencia energética en municipios*. Consejería de Empleo y Desarrollo Tecnológico, Sevilla.
- ZOIDO NARANJO, F. y CARAVACA BARROSO, I. (Coords.) (2005): *Andalucía: Segundo Informe de Desarrollo Territorial*. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla, Sevilla.