

ACE 18

Electronic offprint

Separata electrónica

¿HACIA UN SISTEMA DE METRÓPOLIS ESPAÑOLAS POLICÉNTRICAS? EVOLUCIÓN DE LA INFLUENCIA DE LOS SUBCENTROS EN LA DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN

CARLOS MARMOLEJO DUARTE, J. EDUARDO CHICA
Y JAUME MASIP TRESSERRA

ACE: Architecture, City and Environment = Arquitectura, Ciudad y Entorno [en línea]. 2011, Año 6, núm. 18, Febrero. P. 163-190

ISSN: [1886-4805](https://doi.org/10.1080/18864805)

Website access: http://www-cpsv.upc.es/ace/Articles_n18/articles_PDF/ACE_18_SE_25.pdf

UPCommons Access: <http://hdl.handle.net/2099/11685>

ACE

Architecture, City, and Environment
Arquitectura, Ciudad y Entorno

C

ACE 18

Electronic offprint

Separata electrónica

TOWARDS A POLYCENTRIC METROPOLITAN SYSTEM IN SPAIN? EVOLUTION OF SUBCENTRE'S INFLUENCE ON THE POPULATION DISTRIBUTION

Key words: polycentrism, urban sprawl, urban structure, Spanish metropolitan areas.

Abstract

In the course of the last decades the growth of metropolitan areas in the first industrialized countries has been dominated by the decentralization of both population and employment. These processes of decentralization have been verified primarily under a dispersion growth model and to a lesser extent by polycentrism. This article attempts to verify whether this pattern also applies to the seven major Spanish metropolitan areas, which despite having very different sizes and structures, have recently experienced significant growth. For this purpose is have analyzed the changes in the spatial distribution of the population and verified through econometric models the ability of the employment subcentres to organize population density in the surroundings. Analysis has revealed two divergent paradigms of metropolitan areas. The first, which characterizes the mainly monocentric areas, evolves through an expansion of the metropolitan centre (despite its central nucleus melts) and an explosion fragmented and unstructured in the metropolitan remoteness. The second characteristic of areas with a higher level of polycentrism, evolves through a shy expansion of the metropolitan centre and most vigorous of the subcentre and its immediate periphery. It may be said, therefore, that there is a divergence in patterns of urbanization of the main Spanish metropolitan areas.

ACE

Architecture, City, and Environment
Arquitectura, Ciudad y Entorno

C

¿HACIA UN SISTEMA DE METRÓPOLIS ESPAÑOLAS POLICÉNTRICAS? EVOLUCIÓN DE LA INFLUENCIA DE LOS SUBCENTROS EN LA DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN

MARMOLEJO DUARTE, Carlos¹
CHICA MEJÍA, J. Eduardo
MASIP TRESSERRA, Jaume

Remisión inicial: 20-11-2011

Remisión definitiva: 23-01-2012

Palabras Clave: policentrismo, dispersión urbana, estructura urbana, áreas metropolitanas españolas.

Resumen

En el decurso de las últimas décadas el crecimiento de las áreas metropolitanas de los países que primero se industrializaron ha estado dominado por la descentralización tanto de la población como del empleo. Dichos procesos de descentralización se han verificado fundamentalmente bajo un modelo de crecimiento por dispersión y, en menor medida, por policentrismo. En este artículo se intenta comprobar si ese patrón es igualmente válido para las siete principales metrópolis españolas, que a pesar de tener tamaños y estructuras muy disímiles, han experimentado recientemente crecimientos significativos. A tales efectos se analizan los cambios en la distribución espacial de la población y se comprueba, mediante modelos econométricos, la capacidad de los subcentros de empleo para organizar en su entorno la densidad demográfica. Los análisis han revelado dos paradigmas divergentes de áreas metropolitanas. El primero, que caracteriza a las áreas fundamentalmente monocéntricas, evoluciona mediante una expansión del centro metropolitano (a pesar de que su núcleo más central se funde) y una explosión fragmentada y desestructurada en la ultraperiferia metropolitana. El segundo, que caracteriza a las áreas con un mayor nivel de policentrismo, evoluciona mediante una expansión más tímida del centro metropolitano y más vigorosa de los subcentros y sus periferias más inmediatas. Puede decirse, por tanto, que existe una divergencia en los modelos de urbanización de las principales metrópolis españolas.

¹ **Carlos Marmolejo.** Centre de Política del Sòl i Valoracions, Departament de Construccions Arquitectòniques I, Universitat Politècnica de Catalunya, Avinguda Diagonal 649, 4a planta, 08028, Barcelona, España. E-mail de contacto: carlos.marmolejo@upc.edu

1. Nuevos patrones de estructuración urbana

La estructura de los sistemas urbanos, entendiendo por ésta la forma en cómo está distribuida la población y el empleo, así como las relaciones entre sus diferentes partes, se ha ido alejando en el decurso de las últimas décadas del modelo tradicional centro-periferia. En efecto, el modelo monocéntrico que por su sencillez, más que capacidad para reflejar la realidad, utilizaron los primeros estudiosos de la estructura urbana (p.e. Escuela de Chicago o los padres de la economía urbana) ha ido perdiendo, si cabe, fuerza en la explicación de las estructuras metropolitanas contemporáneas (Anas *et al.*, 1998). De tal suerte que el crecimiento por descentralización ha ganado el protagonismo perdido por el crecimiento por agregación y extensión del centro. La descentralización, por tanto, ha adoptado varias facetas, siguiendo los trabajos de Van Den Berg (1982) Peter Hall (1984) fue uno de los primeros en describir este proceso desde una perspectiva estrictamente geográfica, bajo las modalidades de: descentralización relativa (el centro crece menos que la periferia), descentralización absoluta (la periferia crece y el centro decrece), y descentralización absoluta del centro y la periferia (la periferia decrece pero menos que el centro). El enfoque de Hall, sin embargo, se limita a identificar dos ámbitos geográficos (centro y periferia) y nada dice sobre el consumo de suelo y el nivel de complejidad de los nuevos tejidos. Otros autores más recientes han distinguido crecimientos de la periferia en baja densidad y de baja complejidad (Rueda, 1998; Muñoz, 2010; Roca *et al.*, 2011), crecimientos de densidad y complejidad relativamente altas o descentralización concentrada (Boix, 2004), o crecimientos por difusión de la ciudad, es decir, crecimientos de densidades relativamente bajas pero con cierto nivel de complejidad (Indovina, 1990), entre otros².

En este contexto, el policentrismo, en su acepción morfológica, estaría afiliado a la concepción de la descentralización concentrada, en la cual las economías de aglomeración mantienen unidos a los localizadores en diferentes núcleos o subcentros a lo largo del territorio, como alternativa a una sola gran aglomeración susceptible de padecer los efectos de la congestión y otras deseconomías. Sin embargo, el policentrismo no sólo proviene de procesos de descentralización, sino también de expansión de antiguos núcleos independientes (Champion, 2001). Efectivamente, el abatimiento de los costes de transporte (en el sentido de reducir el consumo energético y temporal) favorecido por la innovación tecnológica (p.ej. eficiencia de los vehículos, eficiencia en la extracción/refinamiento de los recursos fósiles, y en la construcción de infraestructuras), ha permitido la fusión de mercados de trabajo (y de consumo de bienes y servicios) antiguamente independientes, a través de su expansión espacial. De hecho Champion es más gráfico al distinguir dos diferentes formas de coalescencia de centros previamente independientes: así a aquella en dónde es el centro dominante el que al ampliar su área de influencia absorbe a los dominados le llama de incorporación; mientras que a aquella en dónde la integración deriva de la ampliación simultánea de las áreas de influencia de los centros primitivos le llama de fusión.

Por otra parte, el policentrismo desde su acepción funcional (o dinámica como las llaman Boix y Trullén en otro artículo de este número especial) estaría relacionado con la forma en cómo

² De los cuales cabe citar la contraurbanización, es decir, el crecimiento de áreas que sin estar funcional ni morfológicamente integradas a las áreas metropolitanas reciben población de éstas en el marco de intensos procesos de descentralización. Este proceso empezó a estar presente a partir de la década de 1970. primero en las metrópolis de los EE.UU. y luego en las europeas (Berry, 1976).

interaccionan las diferentes partes del sistema. En este sentido, existe un consenso bastante generalizado sobre la progresiva desaparición de los modelos jerárquicos y policéntricos de tipo christaleriano ante la emergencia de los sistemas policéntricos que tienden hacia la equipotencialidad. De esta manera, según Dematteis (1994), las ciudades-área son sustituidas por los sistema-red, concepto luego que sería retomado y popularizado por Castells (2001) al sugerir que el espacio de los lugares estaba siendo sustituido por el espacio de los flujos. El trabajo de Nick Green (2007) ha ido precisamente por este sendero al aportar una metodología para mensurar el nivel de policentricidad funcional. Para Green, un sistema perfectamente policéntrico sería aquel en el cual los flujos que ponen en relación todos los nodos tienen el mismo peso, es decir, aquel en el cual no hay un nodo que acapara sensiblemente los flujos del resto del sistema. Siguiendo a Green, Burger y Meijers han definido a los sistemas policéntricos como aquellos caracterizados por *un conjunto de flujos balanceados entre los centros urbanos*" (Burger y Meijers, 2011: 18).

El objetivo de este artículo es explorar hasta qué punto el crecimiento demográfico en las principales metrópolis españolas ha experimentado en el decurso de los últimos lustros patrones inscribibles en el paradigma policéntrico, o si por el contrario puede categorizarse como disperso. A tales efectos, se analiza la forma en cómo se ha distribuido espacialmente el crecimiento demográfico, así como la evolución de la influencia de los subcentros de empleo en la organización de la densidad demográfica. El resto del documento se organiza así: primero se discute el estado del arte sobre la identificación de subcentros de empleo; luego se revisa la estructura de las principales áreas metropolitanas españolas; para a continuación describir las fuentes de información y métodos utilizados; en el penúltimo epígrafe se analiza la forma en cómo se ha distribuido el crecimiento de la población de dichas metrópolis y, en el último, la influencia de los subcentros en la organización de la densidad demográfica. El artículo concluye realizando un sumario de los principales hallazgos encontrados.

1.1 La discusión sobre la identificación de subcentros

Con independencia de que el policentrismo sea analizado desde una perspectiva morfológica o funcional, el problema de partida es siempre el mismo y se refiere a los mecanismos para detectar subcentros. Grandes esfuerzos se han realizado para generar métodos que, basados alternativamente en el análisis de la densidad o de los flujos, permitan detectar los elementos que dan estructura y generan orden en las metrópolis.

Desde una perspectiva teórica, el análisis de la densidad no recae en una cuestión simplemente morfológica, sino que está fundado en el concepto de accesibilidad. Si convenimos que la renta del suelo experimenta un efecto de compensación o *trade-off* con la accesibilidad, puede decirse que las zonas más accesibles (p.e. más centrales) son también aquellas que ostentan los precios del suelo más alto, en tanto en cuanto que permiten ahorrar de manera significativa costes de transporte. Así, si se atiende al principio de sustitución los promotores inmobiliarios tenderán a sustituir suelo por vuelo, debido a que construir en altura, si bien encarece los costes de la promoción, no lo hace tanto como ocurriría si se edificase a baja altura consumiendo más suelo caro. Como resultado de este proceso, *en una economía de libre mercado, la alta densidad significa en el fondo centralidad, de tal suerte que una vez más, como ocurría en la arquitectura moderna, la forma sigue a la función.* Mills y Hamilton

(1984) demostraron que, si se parte de un modelo monocéntrico en el cual todo el empleo se concentra en el centro de negocios y servicios (en adelante CBD por sus siglas en inglés), la densidad demográfica decrece a medida que incrementa la distancia al centro siguiendo una función exponencial negativa, siempre y cuando se asuma una función de producción residencial del tipo *Cobb-Douglas*, y una uniformidad en los gustos, ingresos y elasticidades de la demanda residencial formada por hogares cuyos miembros ocupados trabajan en el centro. Prácticamente todos los estudios empíricos que han analizado la forma en cómo se distribuye la población metropolitana en diferentes países han encontrado válida en mayor o menor medida dicha función (Stewart, 1947; Clark, 1951; McDonald, 1989; Bertaud y Malpezzi, 2003).

En cualquier caso, como es evidente, pensar que la forma (densidad) sigue *únicamente* a la función (accesibilidad) en nuestros sistemas metropolitanos es, por demás, arriesgado. En primer lugar porque la ciudad es, ante todo, capital fijado, caracterizado por una gran rigidez ante su transformación. Desde una perspectiva arquitectónica es tan fútil pensar que la distribución de la densidad puede adaptarse ante la emergencia de nuevas centralidades, como lo es suponer que a las edificaciones, cuyas estructuras están calculadas para una determinada configuración, se les pueden añadir niveles de una manera voluntarista por parte de sus propietarios. Evidentemente, lo que puede ocurrir es que las edificaciones sean sustituidas por otras más densas, sin embargo, ello requiere que el valor potencial del suelo sea superior que el valor materializado del inmueble. Desde una perspectiva urbanística dicha rigidez está acrecentada, si cabe, por el planeamiento, si bien la capacidad de innovación de los planificadores urbanísticos está legalmente garantizada en el derecho urbanístico, las rigideces en la modificación y revisión del planeamiento son enormes y frecuentemente se topan con los intereses creados por los diferentes colectivos implicados, de entre los cuales, los derechos adquiridos (y también las expectativas de carácter especulativo) de los propietarios, representan una obstáculo importante. Por otra parte, no debe olvidarse que detrás de la formación espacial de la renta del suelo existen otros factores además de la accesibilidad, como las externalidades ambientales o la jerarquía social del espacio, cuya importancia precisamente en las economías de libre mercado sobre la formación del valor del suelo se eleva muy por encima de los aspectos funcionales y, por tanto, en el plano teórico deberían tener una influencia no poco relevante sobre la formación espacial de las densidades urbanas. Con lo cual densidad no sólo querría decir accesibilidad/centralidad como se asume en los modelos de la economía urbana o ¿no es verdad que las primeras líneas de playa son fundamentalmente densas por las externalidades que irradian desde el mar?

De tal suerte que la mayor dificultad para modificar la densidad, a lo largo del tiempo, y el hecho de que la densidad no sólo significa centralidad puede estar detrás del hecho que en algunos estudios como el realizado en los Países Bajos por Burger y Meijers (2011) hayan encontrado que, a pesar de la significativa correlación entre el policentrismo morfológico y funcional, casi todas las regiones analizadas por ellos hayan resultado más policéntricas desde la perspectiva funcional que no morfológica. Los flujos (p.e. residencia-trabajo) por tanto parecen ser más flexibles ante cambios en las condicionantes del entorno (p.e. oportunidades laborales/residenciales) y de la movilidad (p.e. redes de transporte), que no la densidad.

En la Tabla 1 se detallan las principales aportaciones (especificadas con el año en que han sido publicadas) de las familias vinculadas al análisis de la densidad, según los criterios por ellas utilizadas. Si bien no es objeto del presente artículo realizar una presentación completa de

todas las técnicas, es importante señalar que las técnicas basadas en métodos paramétricos y no paramétricos son las más coherentes con el marco teórico subyacente en la formación de la densidad. De esta manera, desde la perspectiva de los modelos econométricos, son subcentros de empleo aquellas zonas cuya densidad no está del todo explicada por la influencia que reciben del CBD, sino que tienen un componente endógeno importante. Es decir, que su atractivo como elementos de organización de la estructura urbana tiene un componente local importante, que se eleva por encima del atractivo de su entorno.

Tabla 1. Familia de métodos de detección de subcentros por vía del análisis de la densidad

Grupo	Criterio	Principales aportaciones/aplicaciones
Detección de picos de empleo	Identificación de áreas con densidades de empleo significativamente diferentes a las de su entorno	McDonald (1987); Gordon, Richardson & Wong (1986); McDonald & McMillen (1990); Craig & Ng (2001)
Umbrales	Identificación de áreas que superan simultáneamente un umbral de masa crítica y otro de densidad, en ambos casos de empleo	Giuliano & Small (1991); Cervero & Wu (1997), McMillen & McDonald (1997); Bogart & Ferry (1999), Anderson & Bogart (2001); Sheamur & Coffey (2002); Hall & Pain (2006); Giuliano & Readfearn (2007); García-López (2007, 2008); Muñoz & García-López (2009); Gallo, Garrido & Vivar (2010)
Paramétrico	Identificación de áreas con residuos significativamente positivos en un modelo econométrico en donde la variable explicada es la densidad de empleo y la explicativa es la distancia al CBD	McDonald & Prather (1994); Ruiz & Marmolejo (2008); Roca, Marmolejo, Moix (2009); Aguirre & Marmolejo (2010)
No paramétrico	Idem anterior, pero considerando las especificidades locales del espacio bidimensional mediante el uso de la regresión local o geográficamente ponderada	McMillen (2001a); Craig & Ng (2001); Readfearn (2007); Suarez & Delgado (2009)

Fuente: Elaboración propia.

Desde la perspectiva del análisis de flujos (p.ej. funcional), los métodos y sus aplicaciones son más escasos como lo pone de relieve la Tabla 2.

Tabla 2. Familia de métodos de detección de subcentros por vía del análisis de los flujos

Grupo	Criterio	Principales aportaciones/aplicaciones
Ratio viajes/empleo	Identificación de áreas que atraen significativamente más viajes que otras una vez controlado el número de empleos	Gordon, Richardson & Giuliano (1989); Gordon & Richardson (1996)
Modelos de interacción espacial	Identificación de áreas cuyos flujos atraídos son superiores a los predichos por un modelo gravitatorio que controla la masa de la zona atractora y emisora y la distancia que las separa	Camagni (1994); Trullén & Boix (2000)
Subsistemas	Identificación de las zonas que estructuran subsistemas funcionales, entendidos por éstos el conjunto de zonas unidas por altos valores de interacción (VI). El VI es la fuerza de unión bidireccional entre dos zonas calculada a partir de los flujos entre ellas una vez controlada su masa)	Roca & Moix (2005); Roca, Marmolejo & Moix (2009); Roca, Arellano & Moix (2011)

Fuente: Elaboración propia

De dichos métodos basados en el análisis de los flujos cabe detallar el diseñado por Roca y Moix (2005) y Roca *et al.* (2009 y 2011), entre otras cosas porque como se verá en el siguiente epígrafe será el que se usa en este trabajo a los únicos efectos de detectar los subcentros. La filosofía que subyace en este método es la de encontrar ámbitos de escaso tamaño articulados por fuertes vínculos funcionales, dentro de los cuales la zona con mayor relación con las restantes hace las veces de subcentro estructurador. Dichos autores construyen este método a partir de lo que denominan *valor de interacción* (en adelante, VI). El VI entre dos municipios *i* y *j* es definido así:

$$Vi_{ij} = \frac{F_{ij}^2}{POR_i LTL_j} + \frac{F_{ji}^2}{POR_j LTL_i} \quad (1)$$

Dónde,

F_{ij} y F_{ji} son los flujos recíprocos entre los municipios *i* y *j*;

POR es la población ocupada residente,

y LTL son los puestos o lugares de trabajo localizado (en el caso de la movilidad laboral).

Al estar en el denominador las masas (lugares de trabajo y población ocupada residente), el flujo que relaciona a dos municipios se relativiza al tiempo que las relaciones bidireccionales se consideran dada la naturaleza transitiva del indicador. Una vez conocido el VI para todos los pares de zonas el procedimiento consiste en:

- Agregar los municipios en función a su máximo valor de interacción. Lo anterior determina, por regla general, la unión a los municipios con mayor número de LTL (y, por tanto, candidatos a representar subcentros) de los municipios más vinculados.
- Conformar esas agrupaciones en protosistemas. El proceso de agregación anterior culmina cuando se logra un sistema cerrado. Así, por ejemplo, si A, B y C tienen una máxima relación con D, conformarán un protosistema tan sólo si D tiene su máxima relación con A o B o C. En cambio, si D tiene su máxima relación con E, *gravitan* todos ellos hacia E, completando el protosistema si E tiene la máxima relación con alguno de los municipios a él agregados (sea D, o cualquier otro).
- Los protosistemas sólo se consolidan si son físicamente continuos. En caso contrario se corrigen las discontinuidades, forzando a los distintos municipios a integrarse en el protosistema con el que guardan un mayor VI.
- Asimismo, la consolidación requiere para el caso que nos ocupa un grado de autocontención mínimo del 50%. En caso de que un protosistema no alcance ese grado de autonomía es agregado con el protosistema con el que mantiene un máximo nivel de interacción, y así de forma iterativa hasta que el protosistema resultante garantice dicha condición de autocontención. En este caso se consolida como un *subsistema metropolitano*, dónde el municipio con mayor densidad y masa es asimismo el que estructura su sistema y, por tanto, el candidato a subcentro.

Si los subsistemas metropolitanos se unen entre sí a través de un proceso iterativo, en el cual cada iteración representa la unión de los dos sistemas con mayor VI, es posible encontrar áreas metropolitanas.

Como se ha visto las técnicas para la detección de subcentros son numerosas y algunas de ellas se han aplicado en el ámbito español como se detalla en el siguiente epígrafe.

2. La estructura urbana de las principales metrópolis españolas

En España el estudio de la estructura urbana de las áreas metropolitanas, y más concretamente del nivel de policentrismo, no es novedoso, aunque se ha realizado de una manera fragmentada, es decir, utilizando criterios y fuentes de información disímiles como se detalla en la Tabla 3.

Tabla 3. Familia de estudios realizados de policentrismo en España

Área metropolitana o Región	Tipo de subcentros	Metodología	Elemento de análisis	Fuente estadística		Autoría	Publicación
Barcelona	Empleo	Modelo gravitatorio	Flujos residencia trabajo	Matriz de movilidad obligada	Censo de Población y Vivienda (IDESCAT)	Trúllen & Boix	2000
Barcelona	Población	Modelo Cubic Spline	Densidad de Población	Número de habitantes	Censo de Población y Vivienda (IDESCAT)	Muñiz, Galindo & García-López	2003
Barcelona	Empleo	Umbrales flexibles	Densidad de empleo	Matriz de movilidad obligada	Censo de Población y Vivienda (IDESCAT)	García-López & Muñiz	2007
Barcelona	Empleo industrial	Umbrales	Densidad de afiliados a la Seguridad Social	Afiliados al Régimen General de la Seguridad Social	Departament de Treball (Generalitat de Catalunya)	García-López	2007
Barcelona	Comerciales	Modelos paramétricos	Densidad de compradores	Encuesta de movilidad cotidiana	Autoritat del Transport Metropolità	Ruiz & Marmolejo	2008
Barcelona	Empleos especializados	Umbrales	Densidad de empleo	Matriz de movilidad obligada	Censo de Población y Vivienda (IDESCAT)	Muñiz & García-López	2009
Barcelona	Empleo	Funcional	Flujos residencia trabajo	Matriz de movilidad obligada	Censo de Población y Vivienda (IDESCAT)	Roca, Marmolejo & Moix	2009
Barcelona	Empleo	Modelos paramétricos	Densidad de empleo	Matriz de movilidad obligada	Censo de Población y Vivienda (IDESCAT)	Aguirre & Marmolejo	2010
Barcelona	Empleo	Umbrales	Densidad de empleo	Matriz de movilidad obligada	Censo de Población y Vivienda (IDESCAT)	García-López & Muñiz	2010
Barcelona	Población	Modelos No paramétricos	Densidad de empleo	Número de habitantes	Censo de Población y Vivienda (IDESCAT)	García-López	2010
Comunidad de Madrid	Empleo	Umbrales flexibles	Densidad de empleo	Encuesta de movilidad cotidiana	Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid	Gallo, Garrido & Vivar	2010
Castilla- La Mancha	Población	Umbrales y funcional	Población vinculada y flujos	Población vinculada y movilidad obligada	Padrón continuo y Censo de Población y Vivienda (INE)	Pillet et al.	2010
Barcelona	Empleo, educación, ocio, compras, salud, socialización, etc.	Umbrales	Densidad tiempo	Encuesta de movilidad cotidiana	Autoritat del Transport Metropolità	Marmolejo & Cerda	2011
Barcelona	Empleos especializados	Umbrales	Densidad de empleo	Matriz de movilidad obligada	Censo de Población y Vivienda (IDESCAT)	Chica & Marmolejo	2011
Barcelona, Madrid	Empleo	Modelos paramétricos y funcional	Densidad de empleo y flujos residencia trabajo	Matriz de movilidad obligada	Censo de Población y Vivienda (INE)	Roca, Arellano & Moix	2011
Madrid, Barcelona, Valencia, Bilbao, Sevilla, Zaragoza & Málaga	Empleo	Modelos paramétricos y funcional	Densidad de empleo y flujos residencia trabajo	Matriz de movilidad obligada	Censo de Población y Vivienda (INE)	Marmolejo, Masip & Aguirre	2012

Fuente: Elaboración propia.

Como se ve en la tabla anterior, el trabajo de Marmolejo *et al.* (2012) es el único estudio que ha intentado, a la luz de una misma metodología y la misma fuente de información, desvelar la estructura urbana de las principales áreas metropolitanas españolas. En dicho estudio los autores aplican tres métodos para la detección de subcentros, a saber: el método paramétrico clásico, en el cual la densidad de empleo adopta una función exponencial negativa en relación a la distancia al centro metropolitano y los subcentros son aquellos municipios cuyos residuos

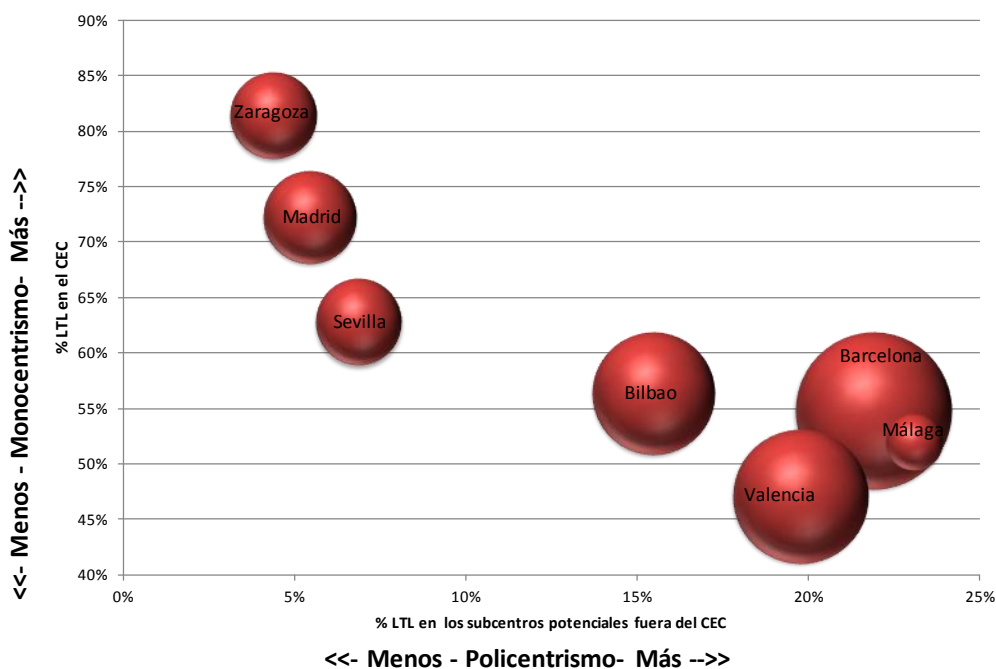
positivos son estadísticamente significativos; una *variante* del método de umbrales propuesto por García-López (2007), donde los subcentros son aquellos municipios que tienen una densidad de empleo superior a la densidad media de su respectiva metrópoli, al tiempo que concentran en torno al 1% del empleo metropolitano; y la aproximación funcional basada en el análisis de los flujos residencia-trabajo propuesta por Roca y Moix (2005) y Roca *et al.* (2009 y 2011) y explicitada en el epígrafe anterior, donde los subcentros son los municipios que estructuran la red de flujos que se gesta en su *hinterland* más cercano.

El resultado de la aplicación de dichas aproximaciones deja ver que el método paramétrico fracasa en la mayor parte de las áreas metropolitanas, únicamente en Madrid, Barcelona y Valencia la densidad de empleo está claramente correlacionada con la distancia a sus respectivos centros metropolitanos, de tal suerte que en las áreas metropolitanas más pequeñas resulta imposible hallar subcentros de empleo por esta vía. El método de umbrales, al ser una aproximación no espacial y que por tanto no tiene en cuenta la teoría subyacente en la formación de la densidad, tiende a priorizar como subcentros a aquellos municipios ubicados cerca o junto al centro. Por esa razón, es necesario remover manualmente a dichos municipios que en realidad forman parte de lo que los autores llaman continuos económicos centrales.

Así, el único método que en dicho trabajo ha permitido identificar satisfactoriamente núcleos en la organización de las áreas metropolitanas es el funcional. Dicha aproximación presenta tres ventajas: está basado en la movilidad y como se ha visto ésta parece ser un elemento más maleable que la densidad y, por tanto, una mejor vía para estudiar la organización de los sistemas urbanos dinámicos; no requiere el establecimiento de umbrales arbitrarios para detectar subcentros; y, sobre todo, al ser una aproximación constructivista (p.ej. primero detecta protosistemas, luego subsistemas y, finalmente, mediante la sucesiva agregación de subsistemas, en virtud del valor de interacción que los relaciona, sistemas metropolitanos) permite conocer la forma en cómo los subcentros se relacionan entre sí y con el subsistema central y, en este sentido, permite analizar la complejidad de las metrópolis. De hecho en su aproximación esta es la forma de delimitar los sistemas metropolitanos sobre los cuales se analiza su estructura posteriormente.

Por esas razones, *en este estudio se retoman los subcentros funcionales de dicho trabajo, para analizar hasta qué punto dichos subcentros han mantenido su influencia en la organización de las áreas metropolitanas y, más específicamente, en la distribución de la población y su densidad.*

Figura 1. Nivel de policentrismo en las principales áreas metropolitanas



Metrópoli	POB (2001)	LTL (2001)	Superficie urbanizada 2000 (has)	LTL en CEC (%)	Subcentros pot. fuera del CEC	LTL en subcentros pot. fuera del CEC (%)	Pob en subcentros pot. fuera del CEC (%)
Madrid	5.543	2.446	860	72%	8,0	5%	6%
Barcelona	4.530	1.904	745	55%	23,0	22%	22%
Valencia	1.800	689	315	47%	17,0	20%	19%
Sevilla	1.382	448	237	63%	7,0	7%	9%
Bilbao	1.205	438	111	56%	14,0	15%	15%
Zaragoza	724	302	127	81%	7,0	4%	4%
Málaga	995	367	194	52%	3,0	23%	16%

Nota: LTL y población en miles de personas, el tamaño de la esfera denota el número de subcentros.

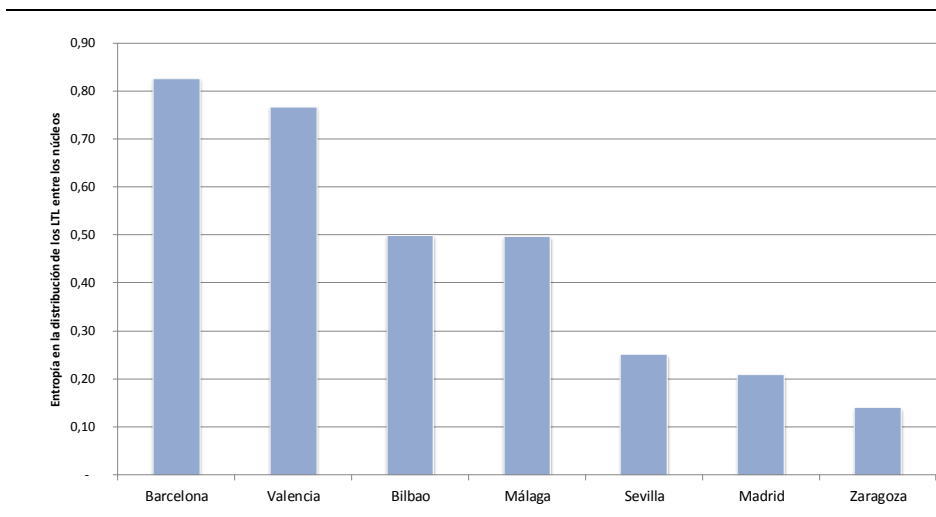
Fuente: Elaboración propia a partir de Marmolejo *et al.* (2012).

La Figura 1 detalla el resultado de los análisis presentados en Marmolejo *et al.* (2012) en relación a la estructura urbana de las principales metrópolis españolas. Con gran claridad destacan dos grupos de áreas metropolitanas: el formado por Madrid, Sevilla y Zaragoza está dominado por un mayor nivel de moncentrismo (*i.e.* la proporción del empleo ubicado en el centro expandido, continuo económico central –CEC–, es importante) y presenta un menor nivel de policentrismo (*i.e.* la proporción de empleo en el conjunto de subcentros es menos importante). Por otro lado, está el grupo de metrópolis formado por Barcelona, Valencia, Bilbao

y Málaga, dónde el nivel de policentrismo es más acusado que el nivel de monocentrismo. Málaga es un caso interesante porque en pocos subcentros se concentra una proporción relativamente significativa de empleo y población. La diferenciación entre la estructura de ambos grupos de metrópolis se pone de relieve en el tamaño de la esfera del gráfico, la cual representa el número de subcentros. Como se ve, no existe, en el universo de las grandes metrópolis españolas estructuras absolutas, monocentrismo, policentrismo y dispersión se conjugan con diferentes intensidades.

Sin embargo, las tres dimensiones analizadas, es decir: el porcentaje de empleo en el continuo económico central (en adelante, CEC); el porcentaje de empleo en los subcentros; y el número de subcentros; no permiten ver con claridad las pequeñas diferencias entre el nivel de policentrismo. Por ejemplo: Barcelona tiene más subcentros y estos tienen una proporción más importante de empleo en comparación con lo que sucede en Valencia. Sin embargo, en Valencia el tamaño del CEC, en términos de empleo y población, es más reducido que en Barcelona, por tanto no queda claro cuál de los dos sistemas es más policéntrico. Por esta razón, dichos autores construyen un indicador que, sin perder información, sintetiza las variables anteriores. Dicho indicador es el coeficiente de entropía de Shannon³, cuanto mayor es este significa que la distribución del empleo entre los diferentes núcleos (CEC y subcentros) es más homogénea y, además, cuanto mayor es el número de núcleos más grande es el valor del indicador y, por tanto, el nivel del policentrismo. Como se ve, por tanto, es un indicador asociado a la aproximación morfológica y que podría ser complementada con otro funcional como los propuestos por Green (2007).

Figura 2. Nivel de policentrismo según la distribución del empleo en los núcleos



Fuente: Elaboración propia.

$$^3 H_m = -1 * \sum_i^n PLTL_i \cdot \ln(PLTL_i)$$

Dónde, H es el nivel de entropía en la distribución de empleo dentro de los núcleos i de un área metropolitana m determinada y P es la probabilidad de encontrar empleo (LTL) en cada uno de los i núcleos.

Como se ve en la Figura 2, en Barcelona la distribución de empleo entre los núcleos es la más equipotencial de todo el conjunto de metrópolis españolas; seguida muy de cerca por Valencia. Bilbao y Málaga se ubican en una situación intermedia equivalente, Málaga, como se ha dicho antes, es un caso peculiar y que podría decirse avanza hacia la bipolaridad. En un último tramo están Sevilla, Madrid y Zaragoza. El caso de Madrid es, al menos, llamativo, puesto que a pesar de ser el área más grande, tanto en términos de suelo urbanizado como de población y actividad económica, es junto con la más pequeña (Zaragoza) la que tiene la estructura más simple y acusadamente monocéntrica. *De esta manera, las dos principales metrópolis españolas se sitúan en polos opuestos por lo que a su estructura se refiere, siendo Barcelona la más policéntrica y Madrid una de las más monocéntricas.*

3. Metodología y datos utilizados

Como se ha dicho antes, la delimitación metropolitana y la detección de subcentros se ha retomado del trabajo de Marmolejo *et al.* (2012), basado en el análisis de flujos residencia-trabajo a partir de los datos de la matriz de movilidad del Censo del año 2001. Asimismo, para analizar los cambios en la distribución de la población los municipios de las diferentes Áreas Metropolitanas (en adelante, AM) se han agrupado en cinco ámbitos, a saber: el continuo económico central, que incluye al CBD⁴; la periferia del CEC⁵; los núcleos detectados más allá del CEC (subcentros); la periferia de los subcentros; y el resto del área metropolitana (también llamada ultra-periferia para distinguirla de la periferia del CEC y de los subcentros).

En la Tabla 4 se detallan para cada uno de estos subámbitos, para el año 2001, el número de municipios, su población y la cantidad de puestos de trabajo (en términos absolutos y relativos).

Tabla 4. Población, LTL y suelo artificializado por el conjunto de las metrópolis

Subámbito Área Metropolitana	municipios	población 2001		LTL 2001	
		total	% del total	total	% del total
CEC	35	9.579.951	59%	4.147.489	63%
Periferia del CEC	69	1.466.322	9%	528.511	8%
Subcentros	79	2.189.516	14%	883.228	13%
Periferia Subcentros	236	1.541.865	10%	603.496	9%
Resto del área	347	1.419.945	9%	435.690	7%
Total metrópolis	766	16.197.599	100%	6.598.414	100%

Fuente: Elaboración propia.

⁴ Así los CEC se han definido como el conjunto de municipios integrados funcionalmente (por vía del valor de interacción explicado en la sección 1.1) al municipio central, y además con una densidad de LTL superior a 700 LTL/Km², criterio este último retomado de la metodología GEMACA, metodología que define la aglomeración económica central a partir de los municipios contiguos que además de tener la densidad de actividad económica mencionada, tienen en conjunto una masa de 20.000 LTL. Es importante mencionar que en los siete sistemas urbanos todos los CEC están formados por municipios conurbados, entendiendo como tales aquellos municipios cuyos tejidos urbanizados se encuentran a menos de 200 m. de separación. En el caso de las áreas metropolitanas de Málaga, Sevilla y Zaragoza, el CEC está definido solamente por el municipio de la ciudad central.

⁵ Tanto la periferia del CEC como la periferia de los subcentros responde al conjunto de municipios limítrofes, siempre y cuando estén conectados con el CEC o con los subcentros mediante una carretera.

Para estudiar la distribución espacial del crecimiento demográfico se estudia el cambio en la concentración de la población en términos de puntos porcentuales (en adelante, pp) de cada uno de los ámbitos en los que se han dividido las AM. De esta manera, un cambio positivo en un ámbito determinado significa que la tasa de crecimiento es superior a la media metropolitana y, por tanto, representa una ganancia de peso en la concentración de la población. Como se ve la suma del cambio de concentración de todos los ámbitos del mismo sistema metropolitano es cero.

Para estudiar la evolución de la influencia de los subcentros sobre la distribución de la densidad demográfica, se calibra un modelo de regresión donde la variable a explicar es la densidad demográfica y las variables explicativas son: por un lado, la distancia de los municipios de cada área metropolitana al CBD; y por el otro, la distancia de los municipios de dichas áreas al subcentro al que se adscriben⁶.

Los datos utilizados para ambos análisis corresponden a: la población derivada de los Censos de 1991 y 2001 y para el año 2006 del Padrón Municipal del Instituto Nacional de Estadística (en adelante, INE); los datos sobre suelo artificializado de Catalunya del Corine Land Cover para los años 1990, 2000 y 2006; y, finalmente, las distancias por carretera derivadas de un análisis propio con el concurso de un sistema de información geográfica⁷ y la red vial de Telearlas.

4. Distribución espacial del crecimiento demográfico

Los cambios acaecidos en la distribución de la población de las 7 áreas metropolitanas estudiadas desde 1991 hasta 2006 apuntan a un crecimiento negativo de los centros metropolitanos y, en general, de los CEC en la generalidad de las áreas estudiadas, a favor del resto del área metropolitana. Los municipios limítrofes a los continuos económicos centrales (periferia del CEC) son los que acaparan principalmente el peso perdido por los centros expandidos. De esta manera las periferias de los CEC experimentan, en términos porcentuales, el mayor crecimiento poblacional, seguidas muy de cerca por el resto del área metropolitana (ultraperiferia) y la periferia de los subcentros y, de forma más lejana, por los subcentros de actividad económica. *Sin embargo, si se considera como un solo ámbito a los subcentros y su periferia, este ámbito pasa a ser el que más se ha beneficiado de este fenómeno, en conjunto, acumulan un crecimiento de 2,5 pp; mientras que en la periferia del CEC el crecimiento es de 2 pp, como se observa en la Tabla 5.*

⁶ A tales efectos cada municipio está adscrito a un subsistema, de tal suerte que esta distancia se refiere a la que une cada municipio con la cabecera (o subcentro) del subsistema.

⁷ TransCAD, versión 5.0

Tabla 5. Cambios observados en la distribución espacial de la población 1991-2006 distinguiendo áreas policéntricas (Barcelona, Valencia y Bilbao) y monocéntricas (Sevilla, Madrid y Zaragoza)

Área metropolitana (AM)	CEC	Periferia del CEC	Núcleos fuera del CEC (subcentros)	Periferia Subcentros	Resto del área
Conjunto de las 7 AM	-6,3	2,0	0,9	1,6	1,7
AM de estructura y crecimiento policéntrico (4)	-6,6	1,5	1,4	2,5	1,1
AM monocéntricas de crecimiento disperso y expansión del CEC (3)	-5,9	2,6	0,2	0,4	2,7

Fuente: Elaboración propia.

Es decir, en el decurso de los quince años estudiados la dinámica demográfica espacial puede resumirse en: una expansión de los subcentros, incluso ganando peso demográfico en sus núcleos; una dispersión de la población en ámbitos alejados del CEC y de los subcentros; y un declive complejo de los continuos económicos centrales, en dónde el núcleo pierde población pero su periferia ulterior acapara parte de dicha pérdida, expandiéndolo territorialmente aún más, tal como se ilustra en la figura 3.

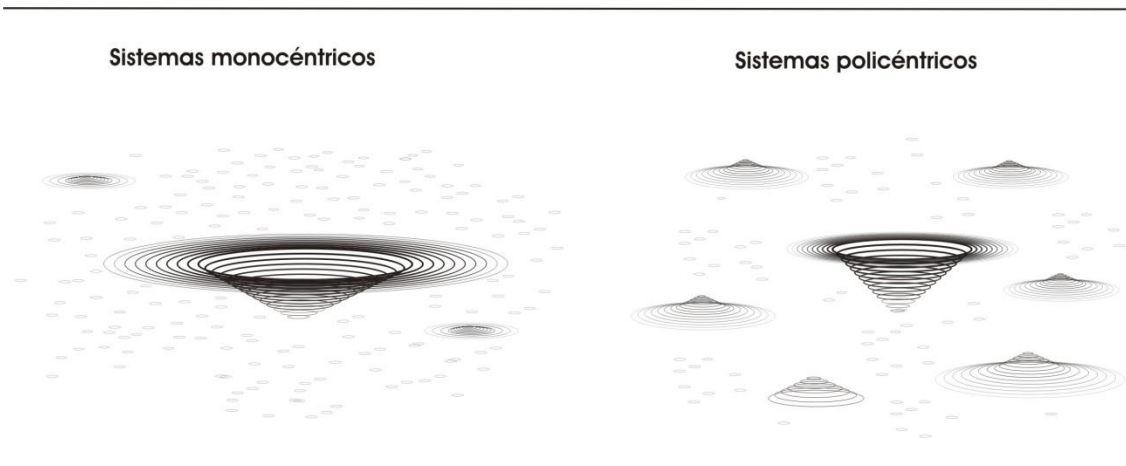
Sin embargo, el proceso anterior no es en absoluto homogéneo entre las diferentes áreas metropolitanas. En este sentido se pueden diferenciar dos grandes grupos de metrópolis:

- El formado por las áreas metropolitanas en las cuales el crecimiento se concentra especialmente en los subcentros y en su periferia, al tiempo que el CEC pierde más peso y su periferia crece moderadamente. En este grupo se encuentran: Barcelona, Málaga, Valencia y Bilbao.
- El formado por las áreas en las cuales el centro pierde ligeramente menos peso y éste es acaparado fundamentalmente por la ultraperiferia (resto del área) y por la periferia del centro, siendo el crecimiento en los subcentros y su entorno apenas representativo. En este grupo se encuentran: Madrid, Sevilla y Zaragoza.

Como se ve, por tanto, en las metrópolis con estructuras más policéntricas, los subcentros de empleo tienen un papel más preponderante en la organización del crecimiento demográfico y, puede decirse, tienden a reforzar su estructura policéntrica, si bien ello coexiste con la dispersión y la expansión (territorial) del centro; por el contrario en las metrópolis más

monocéntricas, el crecimiento es fundamentalmente disperso, al tiempo que el centro se expande con más vigor que en las metrópolis policéntricas y esto acentúa su nivel de monocentrismo. No existe, por tanto, convergencia en los modelos de urbanización de las metrópolis españolas, sino todo lo contrario.

Figura 3. Paradigmas de evolución de los sistemas metropolitanos españoles



Fuente: Elaboración propia.

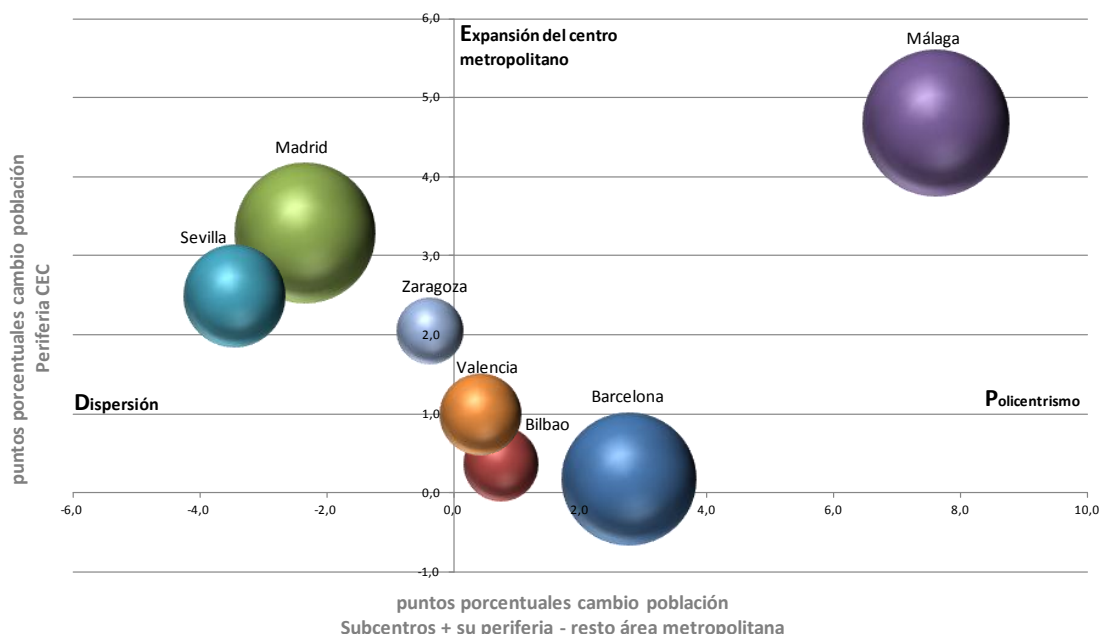
Una vez analizado el proceso de manera agregada hace falta pormenorizarlo para cada área metropolitana, la Figura 4 ilustra las peculiaridades de cada metrópoli. En el eje x se muestra la variación en pp de la concentración de población en los subcentros y su periferia menos la ultraperiferia (resto del AM). Los valores positivos de este eje muestran un crecimiento del policentrismo, mientras que los valores negativos un crecimiento de la dispersión. Es decir cuanto más positivo es el valor, mayor es el crecimiento de los subcentros expandidos una vez descontado el crecimiento de la ultraperiferia. En el eje y se muestra la variación en puntos porcentuales de la aglomeración de la población en la periferia del CEC; los valores positivos (en este análisis corresponden a todos los valores) muestran una expansión territorial en torno al CEC. El tamaño de la esfera representa el crecimiento, siempre negativo, del CEC.

Con meridiana claridad se observa que Málaga es, en términos de su crecimiento, un caso particular, al igual que lo era en términos de su estructura. Es la metrópoli cuyo centro pierde más peso, pero simultáneamente se expande más vigorosamente, al tiempo que sus subcentros expandidos (es decir incluyendo su periferia) son los que ganan más peso. Puede decirse por tanto que alimenta casi equipotencialmente la bipolaridad señalada en el epígrafe 3. Dentro del mismo grupo de metrópolis policéntricas, Barcelona pierde igualmente peso en su centro al tiempo que dicho centro denota la expansión territorial más moderada de cuantas metrópolis hay, Barcelona es, asimismo, después de Málaga, la que acentúa más su carácter policéntrico. Este hecho es especialmente relevante dada su importancia que la sitúa como el segundo sistema metropolitano español. En una tesitura similar se encuentran Valencia y Bilbao, si bien cabe señalar que en ambos casos los centros pierden poco peso y se expanden poco. A estas mismas conclusiones llega Miquel Àngel García-López en otro artículo de este

número especial como no podía de ser otra manera ya que los periodos temporales y el origen de los datos son similares.

Por otra parte, en el grupo de las metrópolis más monocéntricas, llama poderosamente la atención que en todas ellas se reduce el nivel de policentrismo, es decir, la suma del crecimiento de los subcentros expandidos menos el crecimiento disperso de la ultraperiferia adopta valores negativos, fundamentalmente por el importante crecimiento en dispersión que eclipsa el tímido crecimiento en torno a los subcentros. Al mismo tiempo los centros se expanden (si bien los núcleos ultracentrales pierden peso) más que los centros de las áreas policéntricas. Madrid, el principal sistema metropolitano español presenta la mayor expansión del centro (sin considerar a Málaga) conjugada con una importante pérdida del peso de su núcleo central. Es por tanto un caso peculiar.

Figura 4. Dinámica demográfica (1991-2006) en las 7 áreas metropolitanas



Area metropolitana	CEC	Periferia del CEC	Núcleos fuera del CEC (subcentros)	Periferia Subcentros	Resto del área
crecimiento policéntrico					
Barcelona	-9,1	0,2	1,8	4,1	3,1
Bilbao	-2,8	0,4	1,2	0,4	0,8
Málaga	-11,1	4,7	2,5	4,5	-0,6
Valencia	-3,3	1,0	0,2	1,1	0,9
crecimiento disperso y expansión del CEC					
Madrid	-10,0	3,3	0,5	1,7	4,5
Sevilla	-5,4	2,5	0,1	-0,4	3,2
Zaragoza	-2,2	2,0	0,1	-0,2	0,3

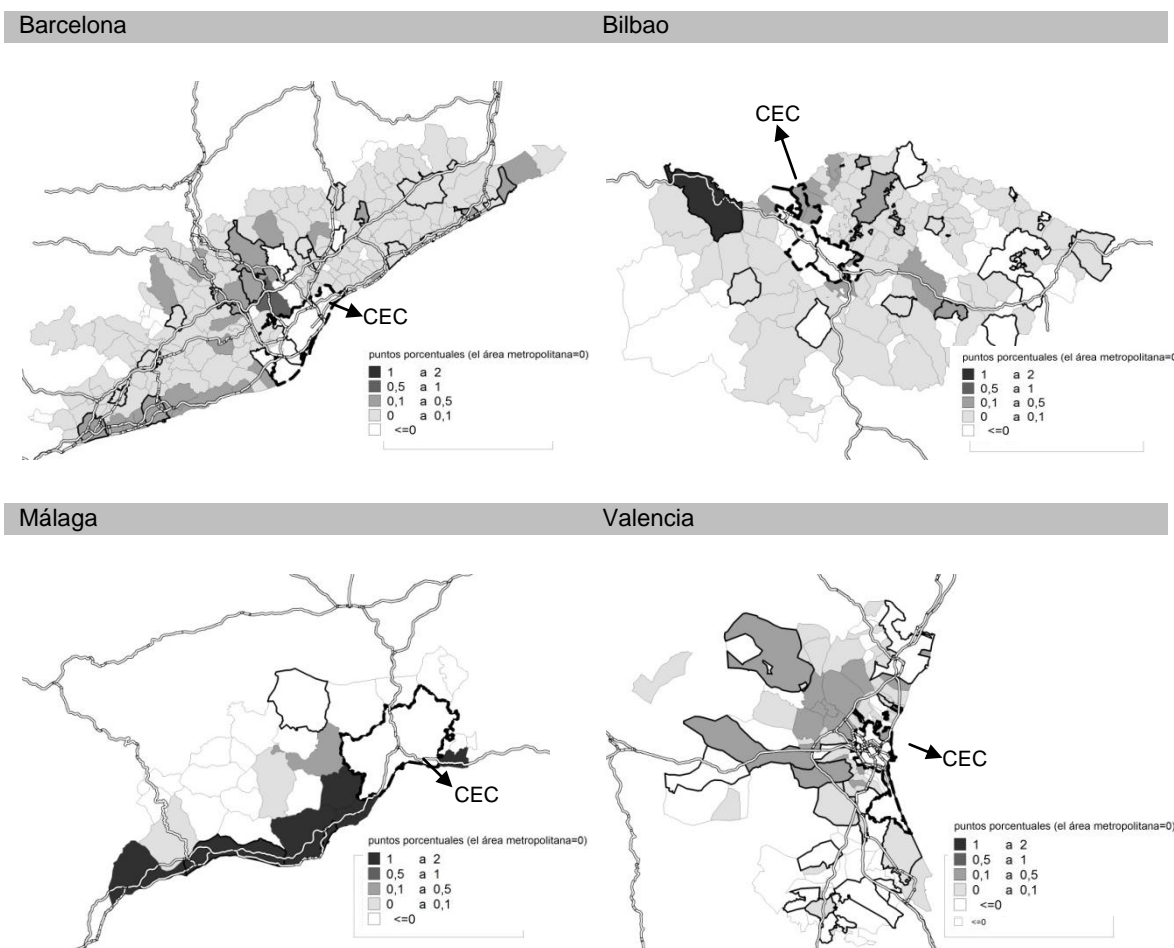
Fuente: Elaboración propia.

Si la información se analiza municipio a municipio en cada área metropolitana, aparecen ciertas regularidades espaciales.

En las *áreas de crecimiento policéntrico*, como se observa en la Figura 5, el crecimiento poblacional está claramente jerarquizado por la localización de los subcentros de empleo, es decir, es en los ejes que conectan el CEC con los subcentros de empleo es donde se localizan los mayores crecimientos. Esto es especialmente cierto para Barcelona, Valencia y Bilbao; no así para Málaga, donde este proceso está además influenciado por la fuerza de atracción turística que tiene la zona, manifiesto por su muy particular modelo de crecimiento lineal a lo largo de la costa.

Figura 5. **Cambios en la distribución espacial de la población 1991-2006 en puntos porcentuales (pp) en las AM de crecimiento policéntrico**

▤ Límite CEC □ Límite Subcentros metropolitanos



Fuente: Elaboración propia.

En Málaga, el crecimiento poblacional se ha dado fundamentalmente hacia la costa siguiendo la autovía del Mediterráneo que conecta con Marbella y otras ciudades importantes, como: Torremolinos, Fuengirola, Mijas y Estepona, donde hay fundamentalmente desarrollos urbanísticos de tipo residencial de primeras y segundas residencias. En el AM de Barcelona, este fenómeno de crecimiento hacia la costa también está presente, pero de una manera no tan acentuada como en Málaga; fundamentalmente éste se encuentra siguiendo el eje de la autopista que une subcentros de empleo como: Vilanova i la Geltrú y El Vendrell y comunica con otras ciudades del eje mediterráneo, como Tarragona y Castellón. No obstante, y respondiendo a su gran tamaño, se observan también otros ejes de crecimiento alejados de la costa, como la autovía que conecta con Andorra y los Pirineos desde Barcelona y que a su paso conecta importantes ciudades que son subcentros de empleo de la región, como son: Sabadell, Terrassa y Sant Cugat del Vallès. De hecho, el conjunto de municipios de los dos Valleses es el que más peso ha ganado, y no es de extrañar dada la relativa abundancia de suelo residencial en relación a las áreas más centrales como lo han demostrado Roca, Clusa y Marmolejo (2005), que ha producido los mayores procesos de descentralización demográfica (Marmolejo, 2010).

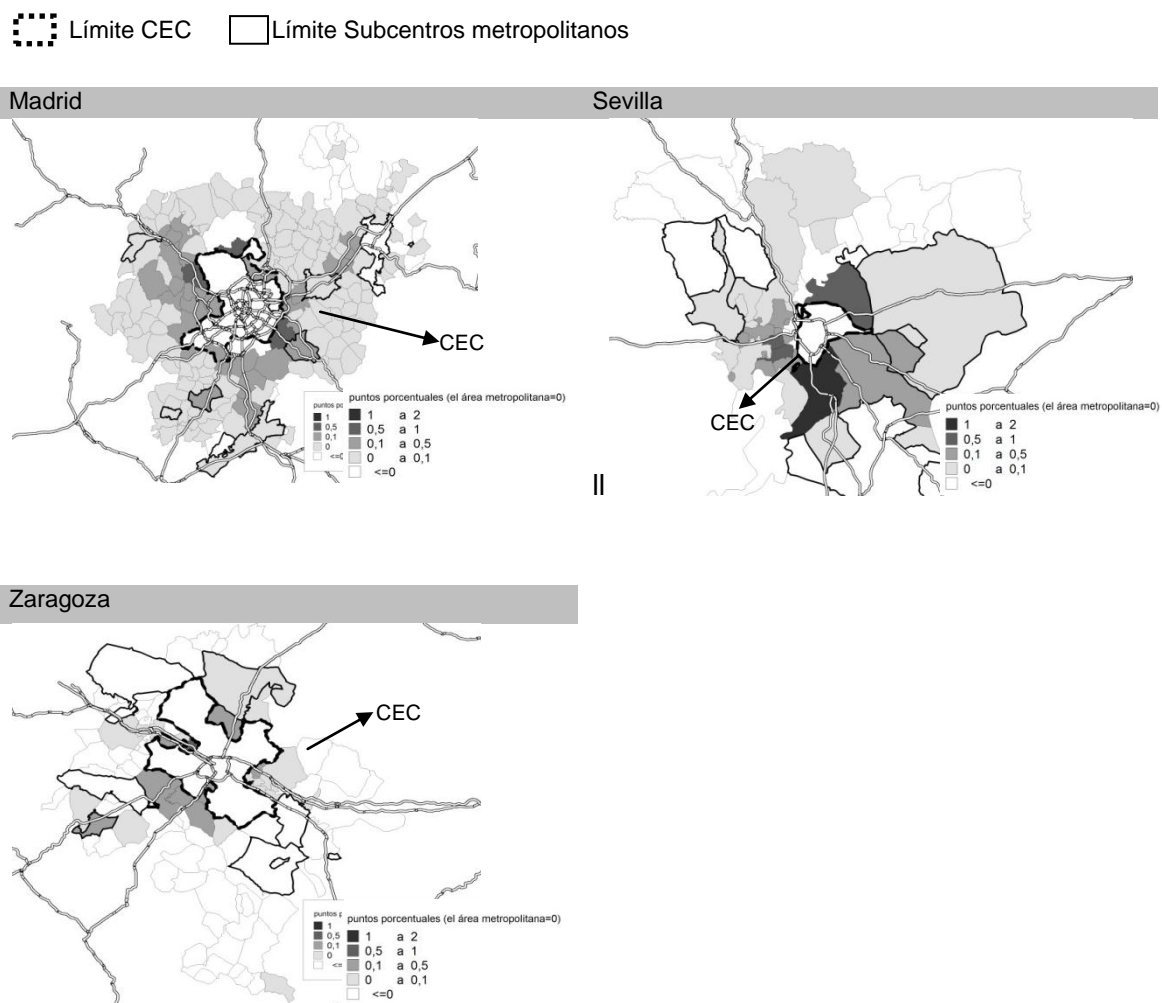
Bilbao y Valencia no presentan crecimientos lineales tan acentuados como las dos áreas anteriores. En el caso de Bilbao, el mayor crecimiento se localiza en el municipio de Castro-Urdiales (subcentro de empleo de la región), siguiendo la autovía del Cantábrico, donde se encuentran importantes desarrollos urbanísticos de uso residencial. Alternativamente y en menor medida, también se encuentran otros crecimientos importantes en algunos municipios localizados al oriente del centro metropolitano, específicamente, en municipios de la periferia del CEC, como son: Sopelana y Berango y, en algunos municipios subcentros, como son: Mungia y Durango. En el caso de Valencia, los mayores crecimientos se dan al occidente del centro metropolitano, principalmente en municipios que son subcentros de empleo, como son: Chiva y Torrent, sobre la autovía hacia Madrid y Liria, sobre la vía a Zaragoza.

En las *áreas de crecimiento monocéntrico*, como se observa en la Figura 6, el crecimiento poblacional sigue patrones de localización de proximidad al CEC diversos. No obstante, se observan ciertas regularidades espaciales como la cercanía a autovías y carreteras de importancia. En el caso de Madrid, el crecimiento parece estar altamente influenciado por la cercanía a los anillos viales existentes. Tal es el caso de la M50 al sur y al occidente, en torno al cual se localizan los municipios de Rivas-Vaciamadrid y Las Rozas, respectivamente. Ambos, son dos de los municipios de mayor crecimiento poblacional en el periodo de estudio. Al norte, es la M40 el eje en torno al cual se observa un fenómeno similar, se destaca el municipio de Tres Cantos. Sin perder de vista que los ejes radiocéntricos de las carreteras nacionales han sido los que históricamente han estructurado la expansión metropolitana madrileña como lo pone de relieve el trabajo de María Teresa Gallo y Rubén Garrido incluido en este mismo número especial.

En Sevilla, los procesos de localización en torno al CEC están influenciados por su cercanía a las vías de salida a otras ciudades de la región andaluza; tal es el caso de las vías a Cádiz y Córdoba, en torno a las cuales se localizan los municipios de Dos Hermanas y La Rinconada, respectivamente, los cuales acumulan el mayor crecimiento poblacional de la región. Finalmente, Zaragoza no es un caso excepcional en este fenómeno, aunque los crecimientos

en ésta son más contenidos y se encuentran más próximos al centro metropolitano (es de las tres áreas, la que presenta un crecimiento, fundamentalmente influenciado por la expansión del CEC, con escasa dispersión). Los municipios de Utebo en la vía a Logroño y Villanueva de Gállego, en la vía a Huesca son los que acumulan los mayores índices de crecimiento; en ambos existen polígonos industriales de gran tamaño y nuevos desarrollos residenciales.

Figura 6. Cambios en la distribución espacial de la población 1991-2006 en puntos porcentuales (pp) en las AM de crecimiento disperso y monocéntrico



Fuente: Elaboración propia.

5. Evolución de la influencia de los subcentros sobre la distribución de la densidad demográfica

A pesar de que la densidad en el mediano plazo (como el aquí analizado) resulta ser un elemento rígido ante los cambios de las estructuras metropolitanas según se ha discutido en el

epígrafe 1.1, tiene la bondad de incorporar un elemento importante en el análisis de la evolución de los sistemas urbanos: el suelo urbanizado. Por esta razón, se ha estudiado hasta qué punto los subcentros tienen una influencia sobre la densidad del resto de municipios una vez que la influencia que ejerce el CBD ha sido controlada. Así, mediante un modelo de regresión que explica la densidad a través de la distancia al CBD y al subcentro de adscripción funcional es posible deslindar el peso y la evolución del peso de cada centralidad sobre la densidad demográfica. McDonald y Prather (1994), utilizan varias funciones de densidad, en el presente artículo se adopta la función más utilizada:

$$\ln D_i = \ln D_0 - \alpha d_{i-CBD} + \beta d_{i-SUB_i}^{-1} + \mu \quad (2)$$

Donde,

D_i es la densidad demográfica de un municipio i ,

D_0 es la densidad demográfica a una distancia cero del CBD, por tanto, es la densidad del punto central,

d_{i-CBD} es la distancia por carretera del municipio i al CBD,

d_{i-SUB_i} es la distancia también por carretera entre el municipio i y el subcentro al cual está adscrito SUB_i (es decir la cabecera de su subsistema funcional)

alfa y beta son las gradientes con las que decrece la densidad a medida que nos alejamos de los centros.

Como se ve la distancia al subcentro es una inversa⁸, y ello responde a la necesidad de resolver los problemas de multicolinealidad que suponen los subcentros próximos al CBD, por esta razón la lectura de beta es asimismo inversa, es decir, cuanto mayor es, mayor es la gradiente con la que se reduce la densidad de los municipios a medida que se alejan del subcentro al cual se encuentran adscritos. Finalmente μ es el error de dicha función de densidad demográfica

La Tabla 6 detalla los resultados⁹, en dicha tabla el signo negativo de α indica que la densidad demográfica decrece con la distancia al CBD, y el signo positivo de β implica que la densidad demográfica también decrece al alejarnos del subcentro adscrito. Como puede observarse se obtienen unos gradientes α significativos para las tres áreas metropolitanas y para todos los años, y unos gradientes β solo significativos para todos los años en el caso de Barcelona y en Madrid¹⁰. Por tanto, puede decirse que en las dos grandes metrópolis españolas el CBD y los subcentros influyen conjuntamente la densidad demográfica en todos los cortes temporales; mientras que en Valencia, la tercera metrópoli española, es el CBD el único centro que rige la distribución metropolitana de dicha densidad.

En el caso de Barcelona, la influencia de los subcentros sobre la densidad demográfica se ha reducido en el periodo analizado, toda vez que la gradiente y su significancia estadística han decrecido en el periodo analizado. Mientras que en Madrid el gradiente también decrece, si bien su significancia estadística incrementa. En cualquier caso, el hecho de que la gradiente de la densidad se aplane en ambos casos, es coherente con los resultados del análisis del epígrafe 4 anterior ya que, como se había visto, si bien los subcentros ganan peso

⁸ Dada la expresión funcional utilizada se asume que la influencia de los subcentros es menor que aquella que irradia el CBD.

⁹ Cabe señalar, que este análisis únicamente se ha realizado en las áreas de Madrid, Barcelona y Valencia, ya que como lo señalan Marmolejo, Masip & Aguirre (2012) en los sistemas más pequeños la distancia al CBD no resulta significativa en la explicación de la variación de la densidad.

¹⁰ En el caso de Madrid, el gradiente β es significativo al 90% para los años 1991 y 1996, y al 95% para el 2006.

demográfico, gana aún más el entorno que los rodea, aplanando de esta manera la pendiente con la que se reduce la densidad a medida que incrementa la distancia a ellos.

Tabla 6. Evolución de la influencia de los subcentros en el periodo 1991-2006

BARCELONA (Núcleos identificados del 1991 al 2006: 24)	1991	2001	2006
Ln Do (constante)	8,587**	8,717**	8,652**
	(50,388)	(64,300)	(67,378)
α (distancia al CBD)	-0,037**	-0,033**	-0,029**
	(-9,232)	(-10,208)	(-9,511)
β (distancia al subcentro funcionalmente adscrito)	1,088**	0,823**	0,773**
	(5,732)	(5,393)	(5,346)
R2 ajustada	0,381	0,408	0,380
** Variables significativas al 95%			
MADRID (Núcleos identificados del 1991 al 2006: 9)	1991	2001	2006
Ln Do (constante)	8,698**	8,507**	8,425**
	(40,499)	(52,688)	(61,348)
α (distancia al CBD)	-0,028**	-0,023**	-0,023**
	(-6,295)	(-6,901)	(-7,923)
β (distancia al subcentro funcionalmente adscrito)	0,359*	0,304*	0,303**
	(1,467)	(1,650)	(1,937)
R2 ajustada	0,180	0,210	0,261
** Variables significativas al 95%, *Variables significativas al 90%			
VALENCIA (Núcleos identificados del 1991 al 2006: 18)	1991	2001	2006
Ln Do (constante)	9,039**	8,843**	8,830**
	(46,139)	(52,423)	(58,001)
α (distancia al CBD)	-0,025**	-0,027**	-0,029**
	(-4,173)	(-5,143)	(-6,124)
β (distancia al subcentro funcionalmente adscrito)	0,099	0,147	0,106
	(0,562)	(0,949)	(0,759)
R2 ajustada	0,134	0,193	0,257
** Variables significativas al 95%			

Fuente: Elaboración propia.

6. Conclusiones

Durante el periodo 1991-2006, en el conjunto de las 7 áreas metropolitanas analizadas se produjo una pérdida general de concentración demográfica en los centros metropolitanos a favor del conjunto del territorio metropolitano.

El fenómeno de desconcentración poblacional se dio de forma diferenciada. En primer lugar, hacia los subcentros y su periferia en las áreas metropolitanas de crecimiento policéntrico (Barcelona, Málaga, Bilbao y Valencia); de estas, Barcelona y Málaga son las que presentan de forma más evidente este fenómeno. En segundo lugar, hacia la periferia de los centros metropolitanos y el resto del área metropolitana (Madrid, Sevilla y Zaragoza); de estas, Madrid y Sevilla presentan de forma más relevante un reforzamiento de la dispersión, mientras que Zaragoza, de la periferia del centro metropolitano.

No existe, por tanto, convergencia en los modelos de urbanización de las metrópolis españolas. Las áreas fundamentalmente monocéntricas expanden territorialmente sus continuos urbanizados centrales, a pesar de que sus núcleos más profundos pierden peso en la concentración demográfica y a la vez denotan una explosión fragmentada y desestructurada en las postrimerías metropolitanas; al tiempo que en los sistemas policéntricos los centros se evaporan con mayor velocidad, al tiempo que los subcentros, y sus primeras periferias que los rodean, ganan peso, muy por encima de la dispersión de baja densidad que también está presente, pero en menor medida.

Lo que hay detrás de esa divergencia es, de momento, una gran incógnita. ¿A caso son las divergentes políticas urbanísticas las que subyacen en el fondo de la cuestión? Cabe recordar que en España la transferencia de las competencias urbanísticas desde el estado hacia las comunidades autónomas (en materia legislativa y de aprobación ulterior del planeamiento de más envergadura) y hacia los municipios (en materia de redacción, gestión y disciplina urbanística) ha producido formas muy diferenciadas de utilización del territorio. A lo que hay que añadir, si cabe, la influencia de las ideologías políticas que se suceden a lo largo del tiempo y del espacio que en algún caso, como lo han estudiado Elizabeth Viladecans y Albert Solé (2012) ha tenido especial incidencia sobre el consumo de suelo en las épocas más expansionistas; y en otras ha tenido el efecto contrario al disminuir el consumo de suelo per cápita y la fragmentación del mismo como lo hemos estudiado en otro sitio (Marmolejo y Stallbohm, 2008).

¿O es una cuestión tan elemental como la matriz territorial que hace que los sistemas que se ubican en complejos montañosos (p.e. Barcelona o Bilbao) crezcan por expansión de su policentrismo frente aquellos ubicados en mesetas más regulares? O ¿existen razones económicas más profundas por las cuales son tan eficientes los modelos monocéntricos como los policéntricos dadas funciones diferentes de las metrópolis en su entorno regional/nacional/global?

Agradecimientos

Este artículo es fruto del proyecto financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación bajo la referencia CSO2009-07218 intitulado ¿Hacia un sistema de metrópolis españolas policéntricas?: Evolución, caracterización e influencia de los subcentros metropolitanos sobre la eficiencia de la urbanización, del cual el autor principal es, asimismo, investigador principal.

Bibliografía

AGUIRRE, C. y MARMOLEJO, C. *Hacia un método integrado de identificación de subcentros a escala municipal: un análisis para la Región Metropolitana de Barcelona*. En: ACE: Architecture, City and Environment, 5 (14): 99-122, 2010. ISSN 1886-4805.

ANAS, A. *et al. Urban spatial structure*. En: Journal of Economic Literature, 36: 1426-1464, 1998.

ANDERSON, N.B. y BOGART, W.T. *The Structure of Sprawl. Identifying and Characterizing Employment Centers in Polycentric Metropolitan Areas*. En: Journal of Economics and Sociology, 60: 147-169. 2001.

BERRY, B. J. *Urbanization and Counterurbanization*. Arnold, Nueva York, 1976. 334p.

BERTAUD, A. y MALPEZZI, S. *The Spatial Distribution of Population in 48 World Cities: Implications for Economics in Transition*. The Center for Urban Land Economics Research The University of Wisconsin, Disponible en: [http://alain-bertaud.com/AB_Files/Spatia %20Distribution of Pop %2050 %20Cities.pdf](http://alain-bertaud.com/AB_Files/Spatia%20Distribution_of_Pop%2050%20Cities.pdf), 2003. Paper no publicado.

BOGART, W.T. y FERRY, W.C. *Employment Centres in Greater Cleveland: Evidence of Evolution in a Formerly Monocentric City*. En: Urban Studies, 36: 2099-2110. 1999.

BOIX, R. *Redes de ciudades y externalidades*. En: Investigaciones Regionales, 4: 5-27, 2004. ISSN: 1695-723.

BURGER, M. y MEIJERS, E. *Forms follows function? Linking Morphological and Functional Polycentricity*. En: Urban Studies, 6: 1-23, 2011.

CAMAGNI, R. *From city hierarchy to city network: reflections about an emerging paradigm*. En: CUADRADO-ROMA, J.R. et al. (Eds.) Moving frontiers economic restructuring, regional development and emerging networks. Hanst, UK, 1994, pp: .

CASTELLS, M. *The Internet galaxy: reflections on the Internet, business, and Society*. Oxford: Oxford University Press, 2001, 292 p.

- CERVERO, R. y WU, K-L. *Polycentrism, Commuting and Residential Location in the San Francisco Bay Area*. En: Environment and Planning A, 29: 865-886, 1997.
- CHAMPION, A.K. *Changing demographic regime and evolving polycentric urban regions: consequences for the size, composition and distribution of city populations*. En: Urban Studies, 38 (4): 657-677, 2001.
- CHICA, E. y MARMOLEJO, C. *Los sectores económicos intensivos en conocimiento y sus formas de localización en el territorio metropolitano: un estudio para la Región Metropolitana de Barcelona*. ACE: Architecture, City and Environment, 2011, núm. 16, pp. 223-252.
- CLARK, C. *Urban population densities*. En: Journal of the Royal Statistical Society, 114: 490-496, 1951.
- CRAIG, S.G. y NG, P.T. *Using Quantile Smoothing Splines to Identify Employment Subcenters in a Multicentric Urban Area*. En: Journal of Urban Economics, 49: 100-120, 2001.
- DEMATTEIS, G. *Global networks, local cities*. En: Flux, 15: 17-23, 1994.
- GALLO, M. *et al. Cambios territoriales en la Comunidad de Madrid: policentrismo y dispersión*. En: EURE, 36 (107): 5-26, 2010.
- GARCÍA-LÓPEZ, M.A. *Estructura Espacial del Empleo y Economías de Aglomeración: El Caso de la Industria de la Región Metropolitana de Barcelona*. En: Architecture, City & Environment, 2 (4): 519-553, 2007.
- GARCÍA-LÓPEZ, M.A. *Manufacturas y servicios en la RMB, cambios en la estructura espacial de su empleo*. En: Revista de Estudios Regionales, 83: 197-224, 2008.
- GARCIA-LÓPEZ, M.A. *Population suburbanization in Barcelona, 1991-2005: Is its spatial structure changing?* En: Journal of Housing Economics, 19 (2): 119-132, 2010.
- GARCÍA-LOPEZ, M.A. y MUÑIZ, I. *¿Policentrismo i dispersión? Una aproximación des de la nueva economía urbana*. En: Investigaciones Regionales, 11: 25-43, 2007.
- GARCIA-LOPEZ, M.A. y MUÑIZ, I. *Employment Decentralisation: Polycentricity or Scatteration? The Case of Barcelona*. En: Urban Studies, 47 (14): 3035-3056, 2010.
- GIULIANO, G. y SMALL, K.A. *Subcenters in Los Angeles Region*, En: Regional Science and Urban Economics, 21: 163-182, 1991.
- GIULIANO, G. y REDFEARN C.L. *Employment concentrations in Los Angeles, 1980–2000*. En: Environment and Planning A, 39 (12): 2935-2957, 2007.
- GORDON, P. *et al. The distribution of population and employment in a polycentric city: the Case of Los Angeles*. En: Environment and Planning A, 18: 161-173, 1986.

- GORDON, P. *et al.* *Travel Trends in Non-CBD Activity Centers*. Washington, D.C: Urban Mass Transit Administration. Report CA-11-0032, U.S. Department of Transportation, 1989.
- GORDON, P. y RICHARDSON, H.W. *Beyond Polycentricity: the Dispersed Metropolis, Los Angeles 1970-1990*. En: Journal of American Planning Association, 62: 289-295, 1996.
- GREEN, N. *Functional Polycentricity: A Formal Definition in Terms of Social Network Analysis*. En: Urban Studies, 44 (11): 2077-2103, 2007.
- HALL, P. *The World Cities* (3ª Ed.) Weidenfeld and Nicolson, Londres, 1984. 276 p.
- HALL, P. y PAIN, K. *The Polycentric Metropolis. Learning from mega-city regions in Europe*. Londres, 2006, 228 p.
- INDOVINA. *La città diffusa*. Instituto Universitario di Architettura de Venecia (DAEST-IUAV), Venecia, 1990. p.
- MARMOLEJO, C. *Dinámicas territoriales de la Región Policéntrica de Barcelona: 1981-2009, actas de la V Jornada Internacional sobre Alta Velocidad Europea*, Ciudad Real, 2010
- MARMOLEJO, C. y CERDA, J. *La densidad-tiempo: Otra perspectiva de análisis de la estructura de las metrópolis. Una aplicación para Barcelona*. En: Scripta Nova, (próxima publicación), 2011.
- MARMOLEJO, C. *et al.* *Policentrismo en el sistema urbano español: un análisis para 7 áreas metropolitanas*. En: Ciudad y Territorio, Estudios Territoriales, (próxima publicación), 2012.
- MARMOLEJO, C. y STALLBOHM, M. En contra de la ciudad fragmentada: ¿Hacia un cambio de paradigma urbanístico en la Región Metropolitana de Barcelona?, en Scripta Nova, XII 270-65
- MCDONALD, J.F. *The Identification of Urban Employment Subcenters*. En: Journal of Urban Economics, 21: 242-258, 1987.
- MCDONALD, J.F. *Econometric studies of urban population density: a survey*. En: Journal of Urban Economics, 26: 361-385, 1989.
- MCDONALD, J. y MCMILLEN, D. *Employment Subcenters and Land Values in a Polycentric Urban Area: the Case of Chicago*. En: Environment and Planning A, 22: 1561-1574, 1990.
- MCDONALD, J. y PRATHER, P. *Suburban employment centres: The case of Chicago*. En: Urban Studies, 31: 201-218, 1994.
- MCMILLEN, D. *Non-Parametric Employment Subcenter Identification*. En: Journal of Urban Economics, 50: 448-473, 2001.

- MCMILLEN, D. y MCDONALD, J.F. *A Nonparametric Analysis of Employment Density in a Polycentric City*. En: Journal of Regional Science, 37: 591-612, 1997.
- MILLS, E. y HAMILTON, B.W. *Urban Economics*. En: Studies in the Structure of the Urban Economy Scott. Foresman. Glenview IL, 1984.
- MUÑIZ, I. et al. *Cubic Spline population density functions and satellite city delimitation: the case of Barcelona*. En: Urban Studies, 40 (7): 1303-1321, 2003.
- MUÑIZ, I. y GARCÍA-LÓPEZ, M.A. *Policentrismo y sectores intensivos en información y conocimiento*. En: Ciudad y Territorio Estudios Territoriales, 160: 263-289, 2009.
- MUÑOZ, F. *Urbanización*. Ed. Gustavo Gili, Barcelona, 2010. 256 p.
- PILLET, F. et al. *El policentrismo en Castilla-La Mancha y su análisis a partir de la población vinculada y el crecimiento demográfico*. En: Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales, vol XIV, núm. 321, 2010. <<http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-321.htm>>
- REDFEARN, C.L. *The Topography of Metropolitan Employment: Identifying Centers of Employment in a Polycentric Urban Area*. En: Journal of Urban Economics, 61: 519-561, 2007.
- ROCA, J.; MARMOLEJO, C.Y MOIX, M. *Urban Structure and Polycentrism: Towards a redefinition of the sub-centre concept*. En: Urban Studies, 46 (13) pp. 2.841-2.868 , 2009.
- ROCA, J. et al. *Estructura urbana, policentrismo y sprawl: los ejemplos de Madrid y Barcelona*. En: Ciudad y territorio, estudios territoriales, XLIII (168): 299-321, 2011.
- ROCA, J. y MOIX, M. *The Interaction Value: Its Scope and Limits as an Instrument for Delimiting Urban Systems*. En: Regional Studies, 39: 359-375, 2005.
- ROCA, J.; CLUSA, J. y MARMOLEJO. El potencial urbanístico de la Región Metropolitana de Barcelona, colección Conèixer Barcelona, Ajuntament de Barcelona, Barcelona, 2005
- RUEDA, S. *Periurbanización y complejidad de los sistemas urbanos*. En: MONCLUS, J.F. La ciudad dispersa. Centro de Cultura contemporánea, Barcelona, pp:83-110, 1998
- RUIZ, M. y MARMOLEJO, C. *Hacia una metodología para la detección de subcentros comerciales: un análisis para Barcelona y su área metropolitana*. En: Architecture, City & Environment, 3 (8): 199-218, 2008.
- SHEARMUR, R. y COFFEY, W.J. *A Tale of Four Cities: Intrametropolitan Employment Distribution in Toronto, Montreal, Vancouver, and Ottawa-Hull, 1981-1996*. En: Environment and Planning A, 34: 575-598, 2002.
- STEWART, J.Q. *Empirical mathematical rules concerning the distribution and equilibrium of population*. En: Geographical Review, 24: 461-485, 1947.

SUAREZ, M. y DELGADO, J. *Is Mexico City Polycentric? A trip attraction capacity approach.* En: Urban Studies, 46 (10): 2187-2211, 2009.

TRÚLLEN, J. y BOIX, R. *Policentrismo y redes urbanas en la Región Metropolitana de Barcelona.* Departament d'Economia Aplicada, Universitat Autònoma de Barcelona, Paper 2000. 24p.

VAN DEN BERG, L. *Urban Europe: a study of growth and decline.* Pergamon Press, Oxford, 1982. p.

VILADECANS, E; SOLÈ, A. Lobbying, political competition and local land supply: recent evidence from Spain. Journal of Public Economics, 96, 10-19, 2012

