ACE 18

Electronic offprint

Separata electrónica

POLICENTRISMO Y SUBURBANIZACIÓN EN BARCELONA

MIQUEL-ÀNGEL GARCÍA-LÓPEZ

ACE: Architecture, City and Environment = Arquitectura, Ciudad y Entorno [en línea]. 2011, Año 6, núm. 18, Febrero. P. 55-68

ISSN: [1886-4805](http://www.issn.org/1886-4805)

Website access: http://www-cpsv.upc.es/ace/Articles_n18/articles_PDF/ACE_18_SE_21.pdf

UPCommons Access: <http://hdl.handle.net/2099/11681>

ACE

Architecture, City, and Environment
Arquitectura, Ciudad y Entorno

C

POLICENTRICITY AND SUBURBANIZATION IN BARCELONA

Key words: Suburbanization, policentricity, employment subcenters.

Abstract

The aim of this article is to analyze the influence of BMR's employment polycentricity on population spatial structure and, specially, on its suburbanization. Using census tract data, I first estimate four population density functions in order to study CBD's and employment subcenters influence on population spatial distribution in 1991 and 2006. Secondly, I estimate four population growth functions and four residential land growth functions in order to study their influence between 1991 and 2006. Results clearly show the increasing role of employment subcenters on location and residential land consumption choices of population, with more intense growths close to them, and the loss of influence of the center region, Barcelona, with higher growths far away from it.

POLICENTRISMO Y SUBURBANIZACIÓN EN BARCELONA

GARCIA-LÓPEZ, Miquel-Àngel ¹

Remisión inicial: 18-11-2011

Remisión definitiva: 03-02-2012

Palabras Clave: Suburbanización, policentrismo, subcentros de empleo.

Resumen

El objetivo de este artículo es analizar la influencia del policentrismo de empleo de la Región Metropolitana de Barcelona sobre la estructura espacial de su población y, especialmente, sobre su suburbanización. Usando datos a nivel de sección censal, estimo, en primer lugar, cuatro funciones de densidad de población para estudiar la influencia del CBD y de los subcentros de empleo sobre la distribución espacial de la población en 1991 y 2006. En segundo lugar, estimo cuatro funciones de crecimiento de población y cuatro funciones de crecimiento de suelo residencial para estudiar su influencia entre 1991 y 2006. Los resultados muestran claramente el creciente protagonismo de los subcentros de empleo en las decisiones de localización y de consumo de suelo residencial de la población, con crecimientos más intensos cerca de ellos, y la pérdida de influencia del centro de la región, Barcelona, con crecimientos mayores lejos de él.

1. Introducción

Desde hace más de un siglo, la mayoría de las grandes ciudades del mundo desarrollado y, más recientemente, las de los países en vías de desarrollo están experimentando un proceso de suburbanización de su población caracterizado por el abandono del centro de la región metropolitana o Central Business District (en adelante, CBD) en favor de localizaciones más periféricas. Este proceso ha venido influenciado por otro asociado a la estructura espacial del empleo, la descentralización del empleo, que ha dado paso a la aparición de un policentrismo de empleo en el que, además del CBD, existen otros centros importantes de empleo, los subcentros (Anas *et al.*, 1998; Mills, 2000).

Desde un punto de vista teórico, la influencia del policentrismo de empleo sobre la estructura espacial de la población ha sido estudiada en el contexto de los denominados modelos policéntricos exógenos² (White, 1999). En estos modelos, una descentralización del empleo asociada a la aparición de subcentros provoca cambios en localización de la población y, por tanto, en la pauta resultante de rentas de suelo, densidades de población y regiones de commuting. Concretamente, todas estas variables se reorganizan espacialmente alrededor de

¹ **Miquel-Àngel Garcia-López:** Departament d'Economia Aplicada (Universitat Autònoma de Barcelona), Institut d'Economia de Barcelona (Universitat de Barcelona). Edifici B, Facultat d'Economia i Empresa, Campus UAB, 08193 Cerdanyola del Vallès (Spain). Email de contacto: miquelangel.garcia@uab.cat

² Véase, por ejemplo, White (1976), Sullivan (1986), Wieand (1987) o Sasaki (1990).

los subcentros de empleo, que pasan a ser un elemento estructurador/articulador de la región. A pesar de esto, la mayoría de los estudios empíricos sobre suburbanización todavía se basan en el monocentrismo, teniendo en cuenta sólo la influencia del CBD y obviando la de los subcentros de empleo (Ewing, 1997; Torrens y Alberti, 2000; Galster *et al.*, 2001; Malpezzi y Guo, 2001; Bertaud y Malpezzi, 2003; Tsai, 2005; Couch *et al.*, 2005).

En este artículo estudio la influencia que ha ejercido el policentrismo de empleo en el proceso de suburbanización de la población de la Región Metropolitana de Barcelona (en adelante, RMB). Los resultados obtenidos muestran el creciente protagonismo de los subcentros de empleo en las decisiones de localización y de consumo de suelo residencial de la población que llega a la periferia, así como la pérdida de influencia del centro de la región, Barcelona.

Esta investigación es de interés por los importantes efectos que genera la suburbanización de la población y la estructura espacial resultante. En este sentido, una suburbanización que conlleve el alejamiento de la población de los subcentros de empleo, estará asociada a unos asentamientos de muy baja densidad, con una elevada fragmentación del territorio, y que difícilmente permitirán la eficiencia en el suministro de servicios públicos (European Communities, 1999; Bertaud, 2002). Es más, este tipo de estructura espacial propicia un consumo excesivo de suelo y de energía y, al incentivar el uso del transporte privado, elevadas emisiones de CO₂ (Kahn, 2000; Muñiz y Galindo, 2005; Camagni *et al.*, 2000).

El resto del trabajo se organiza en cuatro secciones. Después de esta introducción, en la segunda sección se describe la procedencia de los datos utilizados y se caracteriza brevemente el policentrismo de empleo de la RMB y la suburbanización de su población entre 1991 y 2006. En la tercera sección se desarrollan dos ejercicios empíricos para analizar la influencia de los subcentros de empleo sobre la localización intrametropolitana de la población. En primer lugar, desde una perspectiva estática, en el primer ejercicio se hace uso de las conocidas funciones de densidad de población para analizar el papel de los subcentros sobre la distribución espacial de la población en términos de densidad en 1991 y en 2006. En el segundo ejercicio empírico se considera una perspectiva dinámica y se analiza el papel del CBD y de los subcentros en la suburbanización de la población entre 1991 y 2006 tanto en términos de crecimiento de la población como del suelo residencial que consumen. En ambos ejercicios, se estiman cuatro especificaciones para cada variable dependiente (densidad de población, crecimiento de la población, crecimiento del suelo residencial) que, partiendo de la especificación más sencilla que sólo considera la proximidad al CBD, van incorporando gradualmente la proximidad a los subcentros de empleo identificados por Muñiz *et al.* (2008), la proximidad a las infraestructuras de transporte, y las características orográficas, respectivamente. Por último, en la cuarta sección se presentan las principales conclusiones del estudio en clave de recomendaciones de política.

2. Una breve caracterización de la Región Metropolitana de Barcelona

2.1 Datos

Han sido construidas las principales variables dependientes y explicativas de esta investigación haciendo uso de datos de población y suelo residencial, de información relativa a la localización de los principales centros de empleo de la RMB y de sus infraestructuras de transporte y, por último, de datos sobre características geográficas.

Los datos de población proceden de los Censos de Población de 1991 y 2001 y de los Padrones Municipales de 1996 y 2006, producidos por el Instituto Nacional de Estadística (en adelante, INE). Se trata de información sobre el número de habitantes a nivel de sección censal, con 3.569, 3.481, 3.828 y 3.864 observaciones en 1991, 1996, 2001 y 2006, respectivamente. Con el objetivo de comparar fácilmente los años y haciendo uso de los archivos vectoriales en formato de Sistema de Información Geográfica (en adelante, SIG) proporcionados por el INE (polígonos), ha sido creada una muestra común de 3.182 secciones censales cuyas fronteras son las mismas en todos los años.

Se calcula el suelo residencial haciendo uso de los *Mapes d'usos del sòl de Catalunya de 1992, 1997 y 2002*, actualizaciones de 15/12/1992, 14/12/2000 y 15/12/2004, respectivamente, producidos por el Institut Cartogràfic de Catalunya (en adelante, ICC) por encargo del Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya y accesibles desde su página Web (<http://www.gencat.cat/dmah/>). Para su producción, el ICC hizo uso de datos multispectrales captados por el sensor *Thematic Mapper* del satélite *LANDSAT-TM*, a una escala de 1:25000. Estos mapas presentan una clasificación de 21 usos, que incluyen cuatro de tipo urbano. El suelo residencial es calculado a partir de la suma de *núcleos urbanos* y *urbanizaciones*. Las hectáreas de suelo residencial y de superficie total han sido calculadas cruzando estos mapas con el mapa de polígonos de las secciones censales.

Se calculan distancias a los principales centros de empleo (Barcelona y subcentros) haciendo uso de un programa SIG. Se trata de distancias en línea recta, a vuelo de pájaro, que miden los kilómetros que separan el centroide de cada sección del centroide de la sección censal central de Barcelona (distancia al CBD) y del centroide del subcentro de empleo más próximo (distancia al subcentro). Tal y como se explicará con más detalle en la próxima subsección, los subcentros de empleo utilizados en esta investigación son los identificados por Muñiz *et al.* (2008) en 2001.

También tengo en cuenta la proximidad, en kilómetros, a las infraestructuras de transporte mediante las distancias que separan el centroide de cada sección censal al acceso a la autopista más próximo y a la estación de tren más próxima (distancias a las infraestructuras de transporte). Los archivos vectoriales SIG de ambas infraestructuras fueron proporcionadas por el Departament de Política Territorial i Obres Públiques (en adelante, DPTOP) de la Generalitat de Catalunya.

Por último, se calculan dos indicadores que caracterizan la geografía de cada sección censal: su altitud promedio y su índice de rugosidad. La altitud en metros es calculada a partir del modelo digital de terreno con paso de malla de 200 metros (en adelante, MDT200), producido

por el Instituto Geográfico Nacional (en adelante, IGN). Intersectando este modelo con los archivos vectoriales se obtiene el valor promedio de la altitud. El índice de rugosidad informa acerca de la irregularidad o accidentalidad del terreno. Con la información del MDT200, se utiliza la propuesta de Riley *et al.* (1999) para construir un modelo digital de rugosidades. Nuevamente, la intersección de este modelo digital con el archivo vectorial permite obtener un valor promedio de la rugosidad a nivel de sección censal.

1.2 Policentrismo

La RMB es una de las más importantes metrópolis europeas. Delimitada en 1966 (Pla Director de l'Àrea Metropolitana) y definida por ley en 1987 (Lleis d'Ordenació Territorial), actualmente es uno de los siete ámbitos funcionales territoriales o *vegueries* definidos en el Pla Territorial General de Catalunya. Formada por 164 municipios agrupados en siete comarcas, la RMB ocupa un área de unas 324,000 ha. en un radio aproximado de 55 km. Debido a su orografía abrupta, solamente 67.999 ha estaban urbanizadas en 2002 (García-López, 2010).

La RMB ha sido caracterizada como policéntrica tanto en términos de población como de empleo. Para el caso de la población, García-López utiliza datos a nivel de sección censal para identificar centros de población aplicando la propuesta metodológica de McMillen (2003). Basada en una estimación no paramétrica (*locally weighted regression*), la idea es estimar una función de densidad de población que represente una estructura espacial monocéntrica. Usando ésta como marco de referencia³, son centros aquellos grupos de desviaciones significativas de la configuración monocéntrica (densidades reales mayores que las densidades estimadas) que concentran un número de habitantes superior a un determinado umbral. Definiendo el municipio de Barcelona como el principal centro de población, existen 23 y 7 subcentros de población en 2005 cuando el umbral de población es de 10.000 habitantes y de un 1 por ciento de la población de la RMB (47.701 habitantes), respectivamente.

Para el caso del empleo existen diversos trabajos que identifican subcentros de empleo en la RMB⁴ haciendo uso y/o mejorando metodologías ampliamente aceptadas en la literatura⁵. En este trabajo, se hace uso de los 9 subcentros de empleo identificados por Muñiz *et al.* (2008). Usando datos municipales⁶, los autores adaptan la metodología de umbrales de Giuliano y Small (1991) en la que un subcentro de empleo es un municipio con una densidad de empleo superior a la densidad promedio de la RMB y que concentra un volumen de puestos de trabajos superior al 1 por ciento del total de puestos de trabajos de la región. Aplicando esta metodología a datos de 1986, 1991 y 1996, García-López y Muñiz (2010) muestran la aparición de nuevos subcentros de empleo entre 1986 y 2001 (ver Figura 1).

³ McMillen (2001) propone el uso de *locally weighted regression* por su flexibilidad, permitiendo la obtención de cualquier tipo benchmark monocéntrico y no sólo la resultante de imponer una función exponencial negativa, tal y como hacen por McDonald y Prather (1994).

⁴ Para la identificación con el total de puestos de trabajo, véase García-López (2007), Muñiz *et al.* (2008), Roca Cladera *et al.* (2009) o García-López y Muñiz (2010), entre otros. Para la identificación con información sectorial, véase García-López (2007), Muñiz y García-López (2009, 2010) o García-López y Muñiz (2012), entre otros.

⁵ García-López (2008) presenta una catalogación y una descripción detalla de las diferentes metodologías de identificación de subcentros.

⁶ No se incluyen los municipios que conforman el CBD, es decir, Barcelona y sus 12 municipios adyacentes.

Figura 1. Barcelona y los subcentros de empleo según García-López y Muñiz (2010)

Fuente: Elaboración propia.

1.3 Localización de la población y su suburbanización

A pesar de los efectos negativos derivados de estos últimos años de crisis económica, no cabe duda que en los últimos 20 años, la RMB ha experimentado un fuerte crecimiento del empleo, un crecimiento moderado de su población y un crecimiento muy intenso en el consumo de suelo de tipo residencial. Para el caso del empleo y considerando datos de 1986 a 2001, García-López y Muñiz (2012) indican que el número de puestos de trabajo creció un 63,4% pasando de 1.012.919 a 1.656.824 puestos de trabajo totales⁷. En términos sectoriales, este crecimiento se concentró en los servicios, en los que el empleo pasó de 591.506 (58,4% del total) a 1.195.509 puestos de trabajo (72,2% del total). En contraste, el empleo manufacturero se mantuvo virtualmente constante (de 421.363 a 461.315 empleos), pasando a concentrar menos del 27% de los puestos de trabajo totales en 2001.

En términos de población (ver Tabla 1), con más de 4.800.000 habitantes en 2006, la RMB creció en más de medio millón de habitantes entre 1991 y 2006. A pesar de esto, el 80% de este crecimiento moderado se produjo en los últimos 5 años, de 2001 y 2006, y fue claramente liderado por el flujo migratorio de tipo internacional que empezó a ser relevante a partir de 1999 (García Almirall, 2008).

⁷ Dada la naturaleza urbana del estudio y su objetivo final, el análisis del impacto de las economías de aglomeración que emergen de la estructura espacial urbana de la RMB (CBD y subcentros), García-López y Muñiz (2012) no incluyen los sectores de agricultura, extracción, energía y construcción en sus cálculos de empleo total.

En contraste con el crecimiento virtualmente constante de la población en los primeros 10 años considerados, el consumo de suelo de tipo residencial se disparó en este periodo (ver Tabla 1). Entre 1992 y 2002 el suelo residencial creció en más de un 35%, pasando de 33,626 ha en 1992 a 45,646 ha en 2002. Estas cifras evidencian la importancia de los efectos derivados del Boom Inmobiliario sobre el uso del suelo (Muñiz *et al.*, 2007).

Tabla 1. Evolución de la población y del suelo residencial en la RMB

	1991	1996	2001	2006	2001-1991	2006-1991
Población (habitantes)	4.264.422	4.228.048	4.390.390	4.841.365	125.968 (3,0%)	576.943 (13,5%)
	1992	1997	2002		2002-1992	
BMR	33.626,2	45.355,6	45.646,8		12.021,6 (35,7%)	

Fuente: Elaboración propia.

Simultáneamente, la RMB ha experimentado un proceso de suburbanización⁸ caracterizado por la pérdida de población del CBD (-57.797 habitantes) y la reducción de su importancia relativa que pasa de poco más del 62% en 1991 a casi el 54% en 2006 (ver Tabla 2). Desagregando el CBD entre Barcelona y los otros 12 municipios que lo constituyen, la pérdida de población afecta a ambas áreas, aunque el proceso es más acentuado en el caso de Barcelona. Por último, la comparación de estos resultados con la dinámica poblacional de los 10 primeros años (2001-1991) permite constatar nuevamente el impacto de la inmigración: sin ella, la pérdida de población del CBD hubiera sido mayor y, por tanto, el proceso de suburbanización hubiera sido más intenso.

Esta suburbanización de la población ha beneficiado a los subcentros de empleo que han visto incrementada su población (casi 169.000 habitantes entre 1991 y 2006) y su importancia relativa en la región (del 16,4% al 18%) (ver Tabla 2). Como en el caso del CBD, el flujo migratorio internacional ha beneficiado en términos de población a estos subcentros de empleo.

Tabla 2. Dinámica intrametropolitana de la población

	Población (habitantes) y peso (%)				Cambio (habitantes) y crecimiento (%)	
	1991	1996	2001	2006	2001-1991	2006-1991
Barcelona	1.643.542 (38,54)	1.508.805 (35,69)	1.503.884 (34,25)	1.605.602 (33,16)	-139.658 (-8,5)	-37.940 (-2,3)
Otros municipios CBD	1.015.427 (23,81)	976.700 (23,10)	946.467 (21,56)	995.570 (20,56)	-68.960 (-6,8)	-19.857 (-2,0)
Total CBD	2.658.969 (62,35)	2.485.505 (58,79)	2.450.351 (55,81)	2.601.172 (53,72)	-208.618 (-7,8)	-57.797 (-2,2)
Subcentros	699.898 (16,41)	720.228 (17,03)	769.046 (17,52)	868.785 (17,95)	69.148 (9,9)	168.887 (24,1)
Resto municipios	905.555 (21,24)	1.022.315 (24,18)	1.170.993 (26,67)	1.371.408 (28,33)	265.438 (29,3)	465.853 (51,4)

Fuente: Elaboración propia.

⁸ Simultáneamente, la RMB también asiste a un proceso de descentralización de su empleo. García-López y Muñiz (2010) analizan detalladamente este fenómeno y su efecto sobre la estructura espacial del empleo y el policentrismo de empleo de la región.

Por último, tanto la suburbanización de la población del CBD como la llegada de inmigrantes han beneficiado más claramente a los municipios no centrales, es decir, a aquellos que no son ni CBD ni subcentros. Éstos han pasado de una población de 905.555 habitantes en 1991 a más de 1.370.000 en 2006 (ver Tabla 2). Este crecimiento del 29,3% de su población se ha traducido en un importante incremento de su importancia relativa, pasando a concentrar del 21,2% al 28,3% de la población de la región.

Tabla 3. Dinámica intrametropolitana del suelo residencial

	Suelo residencial (ha) y peso (%)			Cambio (ha) y crecimiento (%)
	1992	1997	2002	2002-1992
Barcelona	5.405,9 (16,08)	5.719,0 (12,61)	5.382,2 (11,79)	-23,7 (-0,4)
Otros municipios CBD	3.409,1 (10,14)	3.529,7 (7,78)	3.568,7 (7,82)	159,6 (4,7)
Total CBD	8.815,0 (26,22)	9.248,7 (20,39)	8.950,9 (19,61)	135,9 (1,5)
Subcentros	5.745,0 (17,08)	7.573,1 (16,70)	7.659,8 (16,78)	1.914,8 (33,3)
Resto municipios	19.066,2 (56,70)	28.533,8 (62,91)	29.036,1 (63,61)	9.969,9 (52,3)

Fuente: Elaboración propia.

En términos de suelo residencial, su intenso crecimiento entre 1992 y 2002 y su dinámica intrametropolitana están claramente promovidos por el proceso de suburbanización. En este sentido, el crecimiento se ha concentrado en los municipios no centrales, que incrementaron su suelo residencial en casi 10.000 hectáreas y su importancia relativa del 56,7% en 1992 al 63,6% en 2002 (ver Tabla 3).

Estas cifras contrastan con la de los municipios centrales. Mientras que Barcelona perdió unas 24 hectáreas de suelo residencial, los restantes 12 municipios del CBD y los subcentros de empleo experimentaron un breve incremento de 160 y 136 hectáreas, respectivamente (ver Tabla 3).

2. El impacto del policentrismo sobre la suburbanización

2.1 Policentrismo y distribución espacial de la población

La economía urbana y otras disciplinas afines han analizado la estructura espacial de las ciudades mediante la estimación de funciones de densidad⁹. Con estas funciones es posible estudiar la influencia de la proximidad a los principales centros de empleo sobre la distribución espacial de los agentes económicos.

⁹ García-López (2008) presenta una descripción detallada de las funciones de densidad más usadas en la literatura.

En este caso concreto se analiza el impacto de los centros de empleo de la RMB (CBD y 9 subcentros) sobre la localización de su población estimando 4 tipos de funciones de densidad. En primer lugar, se considera la RMB como si la estructura espacial de su empleo fuera de tipo monocéntrico y se estima la versión lineal de la función de densidad más habitual, la exponencial negativa:

Ecuación 1. Función de densidad monocéntrica

$$\ln D_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 d_{cbd,i} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Donde:

$\ln D_{it}$ es el logaritmo natural de la densidad bruta de población para la sección censal i en el año t y $d_{cbd,i}$ es la distancia al CBD (a Barcelona). La densidad bruta se calcula como el cociente entre el número de habitantes de la sección censal y su superficie total en hectáreas.

En segundo lugar, tengo en cuenta que la RMB en realidad presenta una configuración policéntrica en su empleo y estimo una versión ampliada de la función anterior que incluye la distancia al subcentro de empleo más próximo, $d_{sub,i}$:

Ecuación 2. Función de densidad policéntrica

$$\ln D_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 d_{cbd,i} + \alpha_2 d_{sub,i} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

Tal y como muestra Garcia-López (2010), la localización de la población también se ve influenciada por la proximidad de las infraestructuras de transporte. Por este motivo, se controlan sus efectos ampliando la Ecuación (2) con las distancias al acceso a la autopista más próximo y a la estación de tren más próxima, $d_{hwy,i}$ y $d_{stat,i}$:

Ecuación 3. Función de densidad policéntrica ampliada con infraestructuras de transporte

$$\ln D_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 d_{cbd,i} + \alpha_2 d_{sub,i} + \alpha_3 d_{hwy,i} + \alpha_4 d_{stat,i} + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

Por último, con el objetivo de tener en cuenta las posibles diferencias en orografía entre las diferentes zonas de la RMB, incluyo como variables de control a la altitud, alt_i , y a la rugosidad, rug_i , de cada sección censal:

Ecuación 4. Función de densidad policéntrica ampliada con orografía

$$\ln D_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 d_{cbd,i} + \alpha_2 d_{sub,i} + \alpha_3 d_{hwy,i} + \alpha_4 d_{stat,i} + \alpha_5 alt_i + \alpha_6 rug_i + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

Donde:

α_0 es la constante de la regresión y es conocida como la densidad teórica del CBD¹⁰; α_1 y α_2 son los denominados gradientes de densidad y miden si la densidad de población aumenta o reduce con la distancia al CBD y al subcentro más próximo, respectivamente. Aunque no son de interés en esta investigación y, por lo tanto, no muestro sus resultados, α_3 y α_4 también son gradientes de densidad, pero asociados a la proximidad a la infraestructura de transporte, y α_5 y α_6 son los coeficientes estimados de la altitud y la rugosidad. Por último, ε_{it} es el término error con las propiedades usuales.

Tabla 4. Estructura espacial de la población de la RMB, 1991 y 2006

Var. dep.:	ln(Densidad bruta de población)							
Año:	1991				2006			
Especificación:	1	2	3	4	5	6	7	8
Ecuación:	(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)
Constante	6.308 ^a (0.032)	6.461 ^a (0.056)	6.477 ^a (0.060)	6.646 ^a (0.056)	6.195 ^a (0.032)	6.353 ^a (0.053)	6.357 ^a (0.060)	6.516 ^a (0.052)
Dist CBD	-0.095 ^a (0.003)	-0.091 ^a (0.003)	-0.060 ^a (0.003)	-0.051 ^a (0.003)	-0.082 ^a (0.003)	-0.078 ^a (0.003)	-0.049 ^a (0.003)	-0.040 ^a (0.003)
Dist Subcentro		-0.036 ^a (0.009)	-0.014 ^c (0.007)	-0.016 ^b (0.008)		-0.037 ^a (0.008)	-0.018 ^c (0.007)	-0.021 ^b (0.007)
Dist Infra. Transp.	No	No	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí
Geografía	No	No	No	Sí	No	No	No	Sí
R^2 Ajustada	0.36	0.37	0.50	0.53	0.33	0.33	0.47	0.51

Fuente: Elaboración propia. 3182 observaciones en cada regresión. Errores estándar robustos en paréntesis. ^a, ^b, y ^c denotan niveles de significación del 1, 5 y 10 por ciento, respectivamente.

La Tabla 4 muestra los resultados obtenidos al estimar las 4 ecuaciones para 1991 (columnas 1-4) y 2006 (columnas 5-8). En las columnas 1 y 5 se estima la Ecuación (1) y se observa que el CBD ejerce una influencia negativa y significativa en la localización de la población, es decir, la densidad de población se reduce cuando nos alejamos del CBD.

En las columnas 2 y 6 se estima la Ecuación (2) y se constata también la influencia negativa y significativa de los subcentros de empleo, aunque de una magnitud menor que el CBD. En otras palabras, la caída de densidades es mayor cuando nos alejamos del CBD que cuando lo hacemos de los subcentros.

Al estimar la Ecuación (3), columnas 3 y 7, se observa una caída importante en los gradientes estimados de los centros de empleo. Este resultado es atribuible a la mayor dotación de infraestructuras de transporte de los municipios centrales y corrobora la importancia de controlar los efectos asociados a su proximidad.

Por último, al controlar también por la orografía, Ecuación (4) en columnas 4 y 8, el gradiente del CBD vuelve a reducirse, mientras que el del subcentro más próximo se incrementa levemente. A pesar de estos cambios, el signo de los coeficientes se mantiene y, además, continúan siendo significativos.

¹⁰ El valor de la densidad en el CBD, es decir, cuando la distancia al CBD es 0.

A la luz de estos resultados y siendo mi estimación preferida la de la Ecuación (4), columnas 4 y 8, se puede afirmar que los centros de empleo de la RMB además de influir sobre la localización del empleo, tal y como muestran García-López y Muñiz (2010), también son capaces de estructurar la localización de la población en 1991 y en 2006.

2.2 Policentrismo y suburbanización de la población

La Tabla 4 también proporciona información acerca del impacto del policentrismo sobre el proceso de suburbanización descrito anteriormente. En este sentido, teniendo en cuenta que el principal centro de empleo coincide con el principal centro de población, Barcelona, la reducción en términos absolutos de los coeficientes estimados para 1991 y 2006 y que se asocian con la densidad teórica central (constante) y el gradiente del CBD (distancia al CBD) verificarían el proceso de suburbanización. Es más, el aumento del valor absoluto del gradiente del subcentro indicaría que la población que llega a la periferia no se localiza de forma aleatoria, sino que lo hace influenciada por los subcentros, localizándose en sus proximidades.

Puesto que esta comparativa de resultados no dice nada acerca de la significatividad de los cambios en la estructura espacial, se estiman 4 funciones de crecimiento de población y 4 funciones de crecimiento de suelo residencial basadas en las ecuaciones estáticas anteriores:

Ecuación 5. Funciones de crecimiento de población y de suelo residencial

$$\Delta \ln P_i = \beta_0 + \beta_1 d_{cbd,i} + \rho_i \quad (1.a)$$

$$\Delta \ln SR_i = \beta_0 + \beta_1 d_{cbd,i} + \rho_i \quad (1.b)$$

$$\Delta \ln P_i = \beta_0 + \beta_1 d_{cbd,i} + \beta_2 d_{sub,i} + \rho_i \quad (2.a)$$

$$\Delta \ln SR_i = \beta_0 + \beta_1 d_{cbd,i} + \beta_2 d_{sub,i} + \rho_i \quad (2.b)$$

$$\Delta \ln P_i = \beta_0 + \beta_1 d_{cbd,i} + \beta_2 d_{sub,i} + \beta_3 d_{hwy,i} + \beta_4 d_{stat,i} + \rho_i \quad (3.a)$$

$$\Delta \ln SR_i = \beta_0 + \beta_1 d_{cbd,i} + \beta_2 d_{sub,i} + \beta_3 d_{hwy,i} + \beta_4 d_{stat,i} + \rho_i \quad (3.b)$$

$$\Delta \ln P_i = \beta_0 + \beta_1 d_{cbd,i} + \beta_2 d_{sub,i} + \beta_3 d_{hwy,i} + \beta_4 d_{stat,i} + \beta_5 alt_i + \beta_6 rug_i + \rho_i \quad (4.a)$$

$$\Delta \ln SR_i = \beta_0 + \beta_1 d_{cbd,i} + \beta_2 d_{sub,i} + \beta_3 d_{hwy,i} + \beta_4 d_{stat,i} + \beta_5 alt_i + \beta_6 rug_i + \rho_i \quad (4.b)$$

Donde:

$\Delta \ln P_i = \ln P_{i2006} - \ln P_{i1991}$ y $\Delta \ln SR_i = \ln SR_{i2002} - \ln SR_{i1992}$ miden el crecimiento de la población entre 1991 y 2006 y el crecimiento del suelo residencial entre 1992 y 2002 en la sección censal i , respectivamente.

Ahora los coeficientes estimados β_1 y β_2 son gradientes de "crecimiento" y miden si el crecimiento de la población (suelo residencial) aumenta o disminuye con la distancia al CBD o al subcentro de empleo más próximo.

La Tabla 5 muestra los resultados obtenidos al estimar las ecuaciones de crecimiento de la población (columnas 1-4) y las de crecimiento del suelo residencial (columnas 5-8), siendo mis estimaciones preferidas las ecuaciones (4.a) y (4.b) que incluyen todas las variables de control. El coeficiente estimado positivo y significativo de la distancia al CBD indica un mayor

crecimiento de la población y del suelo residencial a medida que nos alejamos del CBD. El coeficiente negativo y significativo asociado al subcentro más próximo indica que el crecimiento de la población y del suelo residencial es más intenso cuanto más cerca de los subcentros.

Por lo tanto, estos resultados verifican económicamente el proceso de suburbanización de la RMB y el creciente papel de los subcentros de empleo en las decisiones de localización y de consumo de suelo residencial de la población que llega a la periferia.

Tabla 5. Cambios en la estructura espacial de la población en la RMB

Var. dep.:	2006-1991 $\Delta \ln(\text{Población})$				2002-1992 $\Delta \ln(\text{Suelo Residencial})$			
Especificación:	1	2	3	4	5	6	7	8
Ecuación:	(1.a)	(2.a)	(3.a)	(4.a)	(1.b)	(2.b)	(3.b)	(4.b)
Constante	-0.132 ^a (0.005)	-0.130 ^a (0.008)	-0.133 ^a (0.011)	-0.141 ^a (0.011)	-0.072 ^a (0.010)	-0.043 ^a (0.012)	-0.083 ^a (0.020)	-0.107 ^a (0.022)
Dist CBD	0.009 ^a (0.000)	0.009 ^a (0.000)	0.007 ^a (0.001)	0.007 ^a (0.001)	0.006 ^a (0.001)	0.007 ^a (0.001)	0.005 ^a (0.001)	0.004 ^a (0.001)
Dist Subcentro		-0.001 (0.001)	-0.003 ^c (0.001)	-0.004 ^b (0.001)		-0.007 ^a (0.002)	-0.012 ^a (0.002)	-0.013 ^a (0.003)
Dist Infra. Transp.	No	No	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí
Geografía	No	No	No	Sí	No	No	No	Sí
R^2 Ajustada	0.13	0.13	0.17	0.17	0.02	0.03	0.05	0.06

Fuente: Elaboración propia. 3182 observaciones en cada regresión. Errores estándar robustos en paréntesis. ^a, ^b, y ^c denotan niveles de significación del 1, 5 y 10 por ciento, respectivamente.

3. Conclusiones en clave de recomendaciones de política

En la actualidad, la mayoría de las grandes ciudades del mundo están experimentando un proceso de suburbanización de su población que, según como se articule espacialmente, genera efectos económicos, medioambientales y sociales de diferente índole.

Para el caso de la RMB, en este artículo se ha analizado como se está articulando espacialmente la suburbanización de su población y, concretamente, la influencia que en ella ejerce un policentrismo de empleo basado en un gran CBD y 9 subcentros de empleo (Muñiz *et al.*, 2008).

Tanto los análisis estáticos, basados en la estimación de funciones de densidad de población, como los análisis dinámicos, basados en la estimación de funciones de crecimiento de población y de crecimiento de suelo residencial, señalan el creciente protagonismo de los subcentros de empleo en las decisiones de localización y de consumo de suelo residencial de la población que llega a la periferia: esta población, aunque no se (re)localice en estos subcentros, busca hacerlo en sus proximidades.

Estos resultados permiten justificar la adopción de políticas públicas que busquen la reducción de los efectos negativos derivados de la suburbanización, como la congestión, la contaminación o la fragmentación del territorio, entre otros, a través de la potenciación del papel estructurador de los subcentros de empleo, es decir, a través de la (re)localización de la

población en o cerca de los subcentros. Sirva de ejemplo el problema de la congestión viaria derivado de un uso creciente del transporte privado. En lugar de construir más carriles, más accesos a las vías principales o más rondas de circunvalación, que, como recientemente han demostrado Duranton y Turner (2011), no consiguen reducir los niveles de congestión, quizás sería más adecuado adoptar políticas que fomenten densidades elevadas de población en y cerca de los subcentros, permitiendo, a medio plazo, justificar y rentabilizar inversiones en infraestructura de transporte público que enlazaran los subcentros entre ellos y con el CBD.

Agradecimientos

Este trabajo se ha beneficiado del apoyo financiero del Ministerio de Ciencia e Innovación (proyectos de investigación ECO2009-12234 y ECO2010-20718), de la Generalitat de Catalunya (2009SGR478), y de la “Xarxa de Referència d’R+D+I en Economia Aplicada”. Quisiera agradecer a Marta Marot por los sugerentes comentarios que han permitido mejorar sensiblemente este trabajo.

Bibliografía

ANAS, A. *et al.* *Urban spatial structure*. En: *Journal of Economic Literature*, 36 (3): 1426-1464, 1998.

BERTAUD, A. *The spatial organization of cities: deliberate outcome or unforeseen consequence?* En: *World Development Report 2003*, Background paper, 2003. 28 p.

BERTAUD, A. y MALPEZZI, S. *The spatial distribution of population in 48 world cities: implications for economies in transition*. Mimeo. Disponible en: <http://alain-bertaud.com/AB_Files/Spatia_%20Distribution_of_Pop_%2050_%20Cities.pdf>. 2003. 93 p.

CAMAGNI *et al.* *Urban mobility and urban form: the social and environmental costs of different patterns of urban expansion*. En: *Ecological Economics*, 40 (2): 199-216, 2000.

COUCH *et al.* *Decline and sprawl: an evolving type of urban development-observed in Liverpool and Leipzig*. En: *European Planning Studies*, 13 (1): 117-136, 2005.

DURANTON, G. y TURNER, M. *The fundamental law of road congestion: evidence from US cities*. En: *American Economic Review*, 101 (6): 2616-2652, 2011.

EUROPEAN COMMUNITIES *ESDP European Spatial Development Perspective*. Postdam, 1999. 82 p.

EWING, R. *Is Los Angeles-style sprawl desirable?* En: *Journal of the American Planning Association*, 63 (1): 107-123, 1997.

GALSTER *et al.* *Wrestling sprawl to the ground: defining and measuring an elusive concept*. En: *Housing Policy Debate*, 12 (4): 681-717, 2001.

GARCÍA ALMIRALL, P. *Inmigración y vivienda: El proceso de integración desde el análisis y la perspectiva de la formación de hogares y su acceso a la vivienda. Una aproximación a las 7 áreas metropolitanas españolas*. En: Revista ACE (Arquitectura, Ciudad y Entorno), 2 (8): 249-283, 2008.

GARCIA-LÓPEZ, M.A. *Estructura espacial del empleo y economías de aglomeración: el caso de la industria en la Región Metropolitana de Barcelona*. En: Revista ACE (Arquitectura, Ciudad y Entorno), 2 (4): 519-553, 2007.

GARCIA-LÓPEZ, M.A. *Quince años de suburbanización en la Barcelona metropolitana, ¿se está dispersando la población?* Investigaciones Económicas, 23 (1): 53-86, 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.

GARCIA-LÓPEZ, M.A. y MUÑIZ, I. *Employment decentralisation: policentricity or scatteration? The case of Barcelona*. En: Urban Studies, 47 (14): 3035-3056, 2010.

GARCIA-LÓPEZ, M.A. y MUÑIZ, I. *Urban spatial structure, agglomeration economies, and economic growth in Barcelona: an intra-metropolitan perspective*. En: Papers in Regional Science, Próximamente, 2012.

GIULIANO, G. y SMALL, K. *Subcenters in the Los Angeles region*. En: Regional Science and Urban Economics, 21 (2): 163-182, 1991.

KAHN, M.E. *The environmental impact of suburbanization*. En: Journal of Policy Analysis and Management, 19 (4): 569-586, 2000.

MALPEZZI, S. y GUO, W.K. *Measuring "sprawl": alternatives measures of urban form in US metropolitan areas*. Mimeo. 2001. 27 p.

MCDONALD, J.F. y PRATHER, P.J. *Suburban employment centres: the case of Chicago*. En: Urban Studies, 31 (2): 201-218, 1994.

McMILLEN, D.P. *Nonparametric employment subcenter identification*. En: Journal of Urban Economics, 50 (3): 448-473, 2001.

McMILLEN, D.P. *Identifying sub-centres using contiguity matrices*. En: Urban Studies, 40 (3): 57-69, 2003.

MILLS, E.S. *A thematic history of urban economic analysis*. En: Brookings-Wharton Papers on Urban Affairs, 1: 1-52, 2000.

MUÑIZ, I. y GALINDO, A. *Urban form and the ecological footprints of commuting: the case of Barcelona*. En: Ecological Economics, 55 (4): 499-514, 2005.

MUÑIZ, I. y GARCIA-LÓPEZ, M.A. *Policentrismo y sectores intensivos en información y conocimiento*. En: Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales, XLI (160): 263-289, 2009.

MUÑIZ, I. y GARCIA-LÓPEZ, M.A. *The polycentric knowledge economy in Barcelona*. En: *Urban Geography*, 31 (6): 774-799, 2010

MUÑIZ *et al.* *Sprawl. Causas y efectos de la dispersión urbana*. En: INDOVINA, F. coord. La ciudad de baja densidad. Barcelona, Diputació de Barcelona, 2007, pp: 307-347.

MUÑIZ *et al.* 2008 *The effect of employment sub-centres on population density in Barcelona*. En: Urban Studies, 45 (3): 627-649, 2008.

RILEY, S.J. *et al.* *A terrain ruggedness index that quantifies topographic heterogeneity*. En: Intermountain Journal of Science, 5 (1-4): 23-27, 1999.

ROCA CLADERA *et al.* *Urban structure and polycentrism: towards a redefinition of the sub-centre concept*. En: Urban Studies, 46 (13): 2841-2868, 2009.

SASAKI, K. *The establishment of a subcenter and urban spatial structure*. En: Environment and Planning A, 22 (3): 369-383, 1990.

SULLIVAN, A.M. *A general equilibrium model with agglomerative economies and decentralized employment*. En: Journal of Urban Economics, 20 (1): 55-75, 1986.

TORRENS, P.M. y ALBERTI, M. *Measuring "sprawl"*. En: CASA Working Papers, 27. Centre for Advanced Spatial Analysis (UCL). 2000. 43 p.

TSAI, Y.H. *Quantifying urban form: compactness versus "sprawl"*. En: Urban Studies, 42 (1): 141-161.

WHITE, M.J. *Firm suburbanization and urban subcenters*. En: Journal of Urban Economics, 3: 323-343, 1976.

WHITE, M.J. *Urban areas with decentralized employment: Theory and empirical work*. En: MILLS, E.S., y CHESHIRE, P. (Eds.) Handbook of Regional and Urban Economics (Vol. 3). Amsterdam, North-Holland, 1999, pp: 1375-1412.

WIEAND, K. *An extension of the monocentric urban spatial equilibrium model to a multi-center setting: the case of the two center city*. En: Journal of Urban Economics, 21 (3): 259-271, 1987.