

ANATOMÍA DE LA DISPERSIÓN EN BARCELONA

Ivan Muñiz
Miquel-Àngel Garcia-López*

UAB, febrero 2007

Resumen: No existe una definición comúnmente aceptada de dispersión urbana, de modo que la investigación aplicada ha trabajado con diferentes dimensiones. En este trabajo se mide como ha evolucionado la dispersión de la población y del empleo de la región Metropolitana de Barcelona entre 1986 y 2001. Las dimensiones utilizadas se dividen en dos grupos. El primer grupo son dimensiones de *forma urbana* (desconcentración, baja densidad y discontinuidad) y el segundo de *estructura urbana*. A diferencia de algunos trabajos donde el policentrismo y el crecimiento lineal se presentan como dos formas de dispersión, en nuestro caso contraponemos la idea de expansión urbana estructurada (lineal o policéntrica) con desestructurada (expansión amorfa, caótica o aleatoria), equiparando esta última con la cuarta dimensión de la dispersión. Los resultados indican que la población y el empleo de la RMB se han descentralizado de forma desconcentrada, y en el caso de la población, la densidad se ha reducido. Sin embargo, la RMB no ha crecido de forma discontinua ni desestructurada, sino todo lo contrario.

JEL: R14

* Departament d'Economia Aplicada, Edifici B Facultat Ciències Econòmiques i Empresariales, Universitat Autònoma de Barcelona, 08193 Cerdanyola del Vallès. Tel. 93.581.22.88 - 93.581.45.71. e mail: ivan.muniz@uab.cat miguelangel.garcia@uab.cat

1 INTRODUCCIÓN

Aunque con algunas excepciones (Gordon y Richardson, 1997; Persky y Wiewel, 2000), existe un elevado consenso sobre los problemas que comporta la dispersión urbana. Desde un punto de vista social, cabe destacar los problemas de segregación y limitada movilidad de los colectivos con menor renta (Burchell et al, 1998; Power 2001; Downs, 1999). En cuanto a los efectos ambientales, la dispersión puede conllevar la ocupación de un espacio de gran valor agrícola, ecológico o paisajístico. Además, dificulta la oferta de un transporte público competitivo, por lo que tiende a imponerse un modelo de movilidad basado en el coche que genera grandes emisiones de CO₂ (Newman y Kenworthy, 1989; Kahn, 2000; Camagni et al, 2002; Muñiz y Galindo, 2005). La dispersión urbana no sólo tiene impactos sociales y ambientales, sino que también puede ser económicamente ineficiente debido en parte al hecho de que los promotores inmobiliarios no internalizan los costes públicos y privados que conlleva un modelo residencial de baja densidad (Anas et al, 1998; Brueckner, 2000, Wassmer, 2001).

En contraste con el relativo consenso sobre los efectos nocivos de la dispersión urbana, no existe una definición comúnmente aceptada. En ocasiones se identifica la dispersión con descentralización (Glaeser y Kahn, 2004), o “exceso de descentralización” (Wassmer, 2001). Otros apuestan por una definición multidimensional (Galster et al, 2001). Los economistas suelen asociar la idea de dispersión con la de “consumo socialmente ineficiente” de suelo (Brueckner, 1997, 2000). En general, frente a un enfoque típicamente americano donde la dispersión suele equipararse con cualquier forma de expansión urbana, en Europa tiende a utilizarse el término de forma más acotada, no incluyendo el policentrismo y el crecimiento lineal como dimensiones propias de la dispersión, y enfatizando en cambio el carácter caótico, aleatorio y falta de estructura del modelo de ocupación del suelo (European Environment Agency, 2006). Esta diversidad de definiciones ha comportado diferentes estrategias de medición. La gran variedad de indicadores propuestos denota la falta de una estrategia mínimamente coordinada. Otro de los aspectos que resultan chocantes es que el estudio del comportamiento de la población y del empleo ha generado dos líneas de trabajo claramente diferenciadas. Mientras que en el caso de la población parece estar imponiéndose un enfoque

multidimensional, en el del empleo la discusión se ha centrado en si la descentralización se ha dado bajo un modelo policéntrico o disperso (Gordon y Richardson, 1996; Pfister et al, 2000; Shearmur y Coffey, 2002; Shearmur et al, 2007).

Esta investigación pretende capturar la dispersión de la Región Metropolitana de Barcelona entre 1986 y 2001. A diferencia de la mayoría de trabajos sobre el tema, se propone medir los cambios que se han dado utilizando los mismos indicadores para la población que para el empleo, lo cual permite señalar de forma rigurosa las principales semejanzas y diferencias. La investigación se ha orientado hacia un enfoque híbrido entre el americano – multidimensional- y el europeo -centrado en la idea de desestructuración del espacio ocupado-. Dado que cualquier proceso de esta naturaleza no se da en un vacío institucional, sino que viene afectado por las políticas de suelo, vivienda y dotación de infraestructuras, se ha incluido un apartado donde se señalan las posibles causas de diferente naturaleza y escala espacial por las que se ha dado un consumo de suelo tan intenso en España durante el periodo estudiado. A diferencia de lo afirmado por algunos trabajos (Serratos, 1998; Rueda, 2002; Muñoz, 2005), uno de los principales resultados obtenidos es la constatación de que la RMB parece haber sido una rara excepción en un contexto español.

2 LA FORMA Y ESTRUCTURA DE LA DISPERSIÓN URBANA BAJO DIFERENTES ENFOQUES

2.1 El concepto

El término *urban sprawl* ha demostrado ser extremadamente elástico, utilizándose para caracterizar fenómenos de expansión urbana de muy diferente naturaleza (Audirac et al, 1990; Kirby, 2000). A continuación se presenta una muestra de los diversos significados con que se ha dotado al término.

a) *Suma exhaustiva de dimensiones descriptivas*. El ejemplo más claro es la definición de Galster et al (2001)¹. Se trata de una definición multidimensional y no jerarquizada que pretende abarcar todos los modelos que puede seguir un proceso de expansión urbana. Otros trabajos que han seguido una línea similar son Torrens y Alberti (2000), Hess et al (2001), Malpezzi y Guo (2001), Wolman et al (2002), Lopez y Hynes (2003) y Angel et al (2007).

b) *Equiparar dispersión con suburbanización*. La dispersión se presenta como sinónimo de suburbanización, aunque añadiendo un sesgo peyorativo (Gordon y Wong, 1985; Glaeser y Kahn, 2004; Couch et al, 2005; Wassmer y Edwards, 2005). En este caso suele utilizarse un único indicador.

c) *Elementos descriptivos mezclados con efectos nocivos*. Algunos trabajos se han centrado principalmente en estudiar los efectos nocivos de la dispersión, hasta el punto de incluir alguno de ellos en la propia definición (Ewing, 1997).

d) *Consumo excesivo de suelo*. En ocasiones se ha identificado “dispersión” con “consumo excesivo” de suelo, entendiendo por “excesivo” un ritmo de urbanización que supera la tasa de crecimiento de la población (Downs, 1999; Ewing, 1997; Kasanko et al, 2006; European Environment Agency, 2002a, 2006). Los economistas suelen dar un significado diferente a la idea de “consumo excesivo”, equiparándolo con una ocupación de suelo por encima de lo que resultaría socialmente eficiente debido a la existencia de fallos de mercado (Brueckner y Fansler, 1983; Brueckner, 1997, 2000; Wassmer, 2000). Aunque la idea es interesante -especialmente para los economistas- resulta difícil de cuantificar. Se trata de una herramienta de naturaleza teórica que induce a una pertinente reflexión sobre las limitaciones del libre mercado para conseguir un uso eficiente del territorio, lo cual legitima una estrategia de regulación en el mercado del suelo y la vivienda.

e) *Lo contrario que el policentrismo*. En contraste con el primer tipo de definición, donde el policentrismo suele aparecer como una de las formas que puede adoptar la dispersión, en Europa el policentrismo tiende a entenderse como un modelo de crecimiento urbano

¹ “(...) Sprawl is a pattern of land use in an urbanised area that exhibits low levels of some combination of eight distinct dimensions: density, continuity, concentration, clustering, centrality, nuclearity, mixed uses and proximity (...)”(Galster et al, p. 685, 2001).

alternativo a la dispersión. La construcción de *new towns*, *villes nouvelles* o ciudades satélite, son el instrumento de una política que pretende evitar los problemas de la expansión urbana en forma de mancha de aceite (Hall, 1996; Gravagnuolo, 1998; Frey, 1999; Rogers y Gumuchdjian, 2000)². Entender la dispersión como un modelo espacial contrario al policentrismo también ha sido muy común en los trabajos que se han dedicado a examinar la pauta espacial que sigue el empleo descentralizado (Gordon y Richardson, 1996; Pfister et al, 2000; Coffey y Shearmur, 2002; Shearmur y Alvergne, 2003; Lee, 2007).

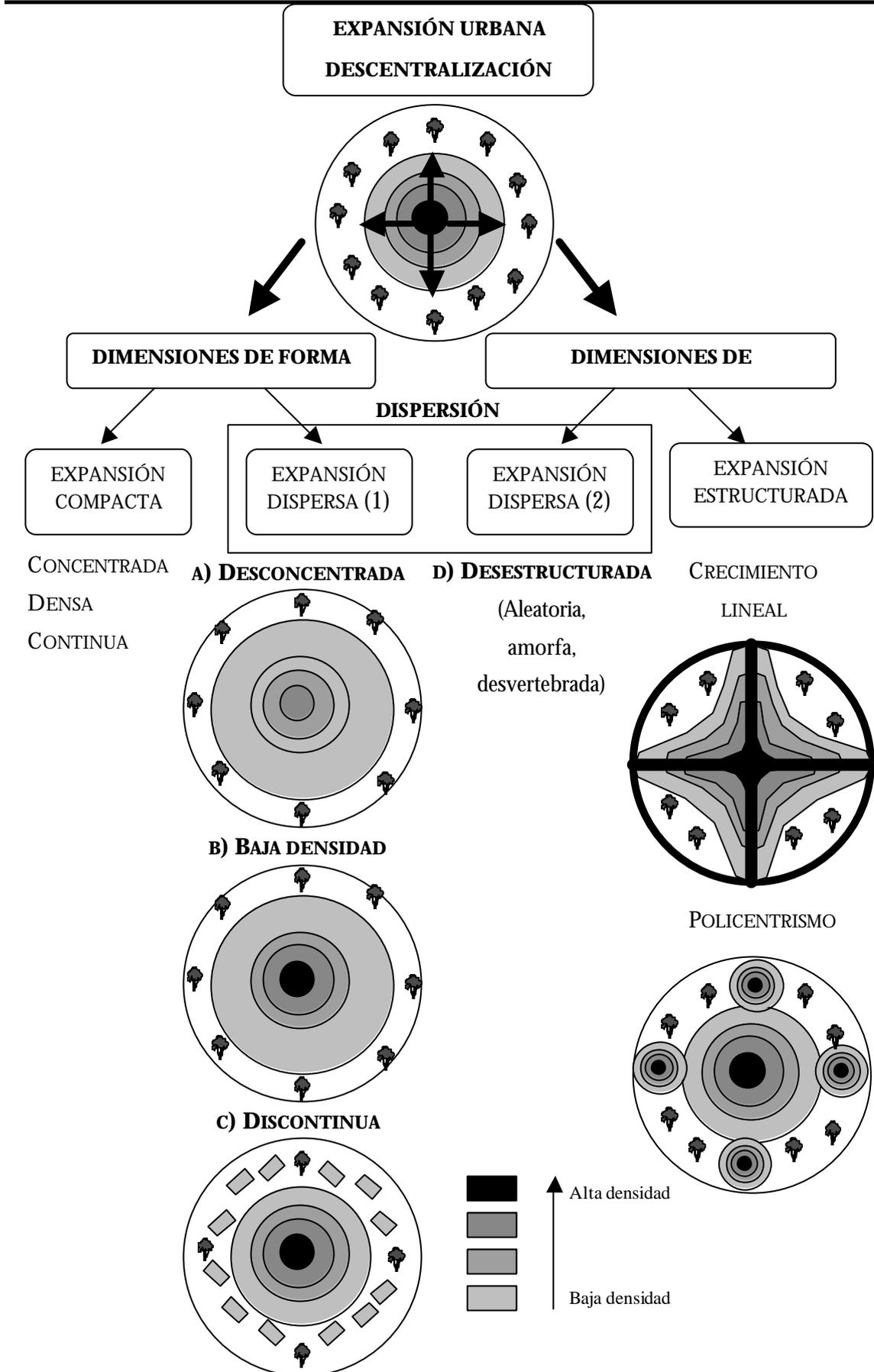
f) *Difusión de servicios urbanos*. Francesco Indovina (1990) ha popularizado el término *città diffusa* para caracterizar el salto cualitativo que se ha dado en algunos territorios vertebrados por ciudades de pequeño tamaño al adoptar funciones y modelos de vida típicamente propios de una gran urbe sin haber cambiado sustantivamente su morfología³.

g) *Espacio desestructurado*. Ya en 1958, W.H. Whyte mostraba su preocupación por el crecimiento amorfo de las ciudades americanas “(...) *The problem is the pattern of growth or, rather, the lack of one (...)*” (p. 116). Esta identificación de dispersión con expansión aleatoria o amorfa ha sido destacada entre otros por Dear y Flusty (1998), Lang y Lefurgy (2003), o Anderson y Bogart (2001) al estudiar las nuevas pautas de localización del empleo. En European Environment Agency (2006) se adopta un enfoque similar, aunque no limitado al caso del empleo, sino a la ocupación de suelo para usos urbanos en general. La idea sobre la que se asienta este enfoque es que la mejora en los transportes y las telecomunicaciones ha relajado las restricciones de localización. Si la distancia no importa, o cada vez importa menos, la localización de los agentes vendrá menos condicionada por su proximidad a los elementos que tradicionalmente han estructurado el territorio, como son los centros de empleo o las infraestructuras de transporte (Pressman, 1985; Castells, 1989; Fishman, 1998; Cairncross, 1997).

² En los EEUU, Ewing (1997) ha defendido una postura similar.

³ Esta manera de abordar lo que sucede en el margen tiene una gran similitud con los trabajos sobre periurbanización. Véase Allen (2003) u Goffete-Nagot (2000) para una versión actualizada sobre el tema.

Figura 1. Dispersión y estructura urbana



2.2 Nuestra propuesta

En este trabajo definimos la dispersión como un proceso de expansión urbana que implica la descentralización de la población y del empleo siguiendo un modelo (Figura 1): a) desconcentrado, b) poco denso, c) discontinuo y d) falta de estructura, aleatorio o caótico. Se trata de una definición híbrida entre el enfoque multidimensional (a) y el que pone el acento en la desestructuración (g).

3 LAS CAUSAS DEL ELEVADO CONSUMO DE SUELO EN ESPAÑA

Según la European Environment Agency (2006), entre 1990 y 2000 España fue el tercer país con una tasa de crecimiento de ocupación de suelo más alta de la Unión Europea, sólo por debajo de Irlanda y Portugal. El Instituto Geográfico Nacional midió el crecimiento de la superficie edificada entre 1987 y 2000 (Proyecto *Corine Land Cover*, Ministerio de Fomento, 2006), confirmando la importante pérdida de suelo agrícola y forestal en beneficio del espacio construido. En conjunto, el área artificial aumentó un 29.5%. La mayor parte de este crecimiento se dio en condiciones de baja densidad y discontinuidad. La mayor parte del nuevo suelo urbanizado ha sido ocupado por viviendas.

Las causas que han llevado a un espectacular crecimiento en el número de viviendas en España son diversas, entre las que cabe destacar las siguientes: a) unos tipos de interés anormalmente bajos (Trilla, 2001); b) la caída en el tamaño de los hogares (Trilla, 2001), c) el crecimiento en el número de segundas residencias (Trilla, 2001), d) el cambio de destino de una parte relevante del ahorro familiar colocado en bolsa hacia la compra de vivienda debido al pinchazo de los valores tecnológicos y a los bajos tipos de interés bancarios (Naredo, 1996; Balsameda et al, 2002); y e) el blanqueo de capitales (Naredo et al, 2003).

Las razones que explican el hecho de que el espectacular crecimiento en el número de viviendas se haya visto acompañado de una ocupación del suelo tan elevada son de diversa índole. En primer lugar, cabe destacar aquellos fenómenos más genéricos, no circunscritos a un ámbito espacial determinado. El aumento de la renta per cápita, el cambio de preferencias de las

familias por lugares con un mayor contacto con la naturaleza y una tipología de vivienda unifamiliar (Peiser, 1990; Breslaw, 1990; Audirac et al, 1990) junto con la mejora en los transportes y comunicaciones entrarían en esta categoría (Graham y Marvin, 2006; Beavestock et al, 2000; Wheller et al, 2000). Hay también causas que obedecen a procesos que actúan a escala europea. Así, por ejemplo, las negociaciones para la liberalización del comercio en el marco de la Organización Mundial del Comercio han situado a Europa en un lugar incómodo debido a la política proteccionista del sector agrícola. Resulta complicado convencer a los países que ven restringidas sus posibilidades de exportar estos productos para que abran sus fronteras a los bienes y servicios europeos con un alto valor añadido y contenido tecnológico. Es más que probable que todo el sistema de protecciones se vea gradualmente desmantelado, ya que de otro modo se limitaría el desarrollo de aquellos sectores donde Europa demuestra tener una ventaja comparativa, con lo que el mercado podría estar ya descontándolo. Esto llevaría a que el suelo agrícola que rodea a las ciudades tuviera un valor potencial para usos urbanos superior a la capitalización de su rendimiento agrícola esperado, generando una fuerte presión para su recalificación debido a la necesidad de ofrecer alternativas a los agricultores ante un futuro tan incierto (European Environment Agency, 1999, 2002b, 2006; Muñiz et al, 2007). También puede haber tenido un papel importante la elevada fragmentación administrativa que se da en España. Al igual que Francia, Portugal o Grecia, el sistema de planificación territorial de España es de tipo napoleónico, caracterizado por una elevada autonomía de la administración local (ayuntamientos) para fijar usos del suelo (Newman y Thomley, 1996). En no pocos casos, los municipios periféricos compiten entre ellos para atraer a la población con mayor capacidad económica ofreciendo vivienda unifamiliar de calidad media y alta, lo que supone un elevado consumo de suelo (Razin y Rosentraub, 2000; Solé y Viladecans, 2007).

Algunas de las causas que han llevado a esta importante ocupación de suelo responden a aspectos coyunturales de la realidad española, como por ejemplo la debilidad endémica de las finanzas locales. Colocar suelo en el mercado ha sido -y sigue siendo- una importante fuente de ingresos de los ayuntamientos. Se trata de un mecanismo perverso y miope, dado que el aumento de la recaudación que se da a corto plazo está por debajo del previsible crecimiento del

gasto social en servicios que habrán de cubrir la administración local, pero también la autonómica y la estatal. Tal como apuntan diversos estudios, el coste por cápita que supone la dotación de infraestructuras de transporte, suministro de gas y electricidad, recogida de basuras, o educación y asistencia médica de proximidad, son sensiblemente superiores en entornos dispersos que en compactos (Carruthers y Ulfarsson, 2003; Burchell et al, 2002). Por último, la política de vivienda seguida por el Partido Popular (el partido español de derechas) ha tenido un papel fundamental. A pesar de que el número de viviendas ha crecido exponencialmente durante los últimos años, la demanda ha aumentado con tal intensidad que los precios se han disparado creando una burbuja inmobiliaria. El capital especulativo atraído por unos precios al alza ha alimentado dicho proceso hasta una sobrevaloración de los inmuebles que diferentes fuentes sitúan alrededor del 30%⁴. La política del Partido Popular para solucionar el problema del precio de la vivienda se centró exclusivamente en relajar las restricciones de oferta de suelo. El precio crecía, se diagnosticó, porque los ayuntamientos ofrecían poco suelo. En otras palabras, los ayuntamientos eran los principales especuladores y culpables del aumento del precio de la vivienda, de modo que para neutralizar su poder se aprobó una nueva Ley de Suelo (Ley de suelo de 1998) donde, a no ser que se protegiera de forma explícita, todo el suelo pasaba a ser urbanizable. Un diagnóstico tan errado como creer que el precio de la vivienda es caro porque el suelo es caro, en lugar de entender que el suelo es caro porque la vivienda es cara, llevó a una ocupación de suelo a un ritmo desconocido hasta el momento, sin que los precios se estabilizaran. Lo más lógico hubiera sido controlar el flujo de capitales especulativos que alimentaban una demanda desbocada. Hoy, parece claro que las políticas de oferta basadas en la liberalización del suelo fracasaron de forma estrepitosa (Muñiz et al, 2007).

⁴ The Economist, Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos, Fondo Monetario Internacional, Banco Central Europeo.

4 LA REGIÓN METROPOLITANA DE BARCELONA

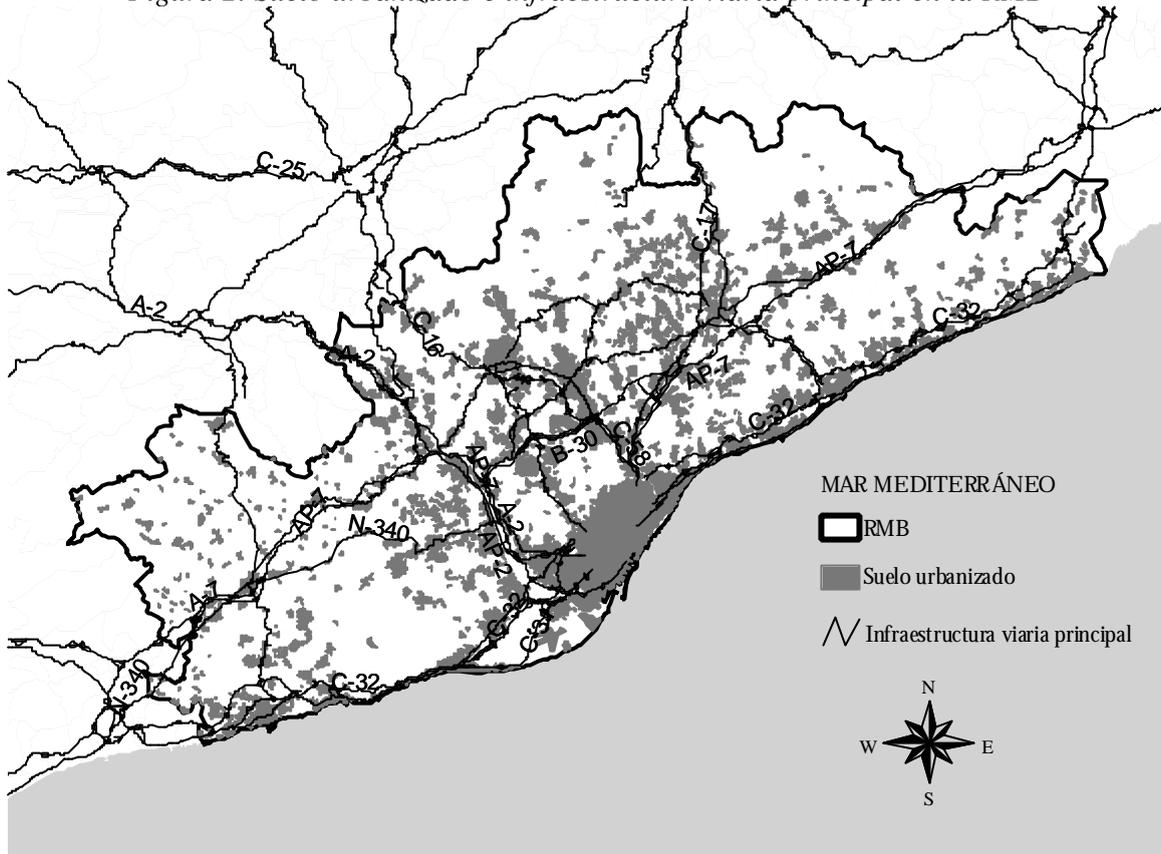
4.1 Características generales

La Región Metropolitana de Barcelona está formada por 164 municipios que ocupan una extensión de suelo de unos 3,200 Km² en un radio aproximado de 55 Km. Contiene una ciudad central de más de un millón y medio de habitantes, el municipio de Barcelona, que es un centro diverso y compacto; una comarca central que incluye, además del municipio de Barcelona, otros municipios adyacentes, donde convergen seis comarcas en forma de cuña, cada una de ellas con un municipio central –capital de comarca-, cinco de las cuales son ciudades de tamaño medio con más de mil años de historia, mientras que las otras dos se han desarrollado recientemente⁵. Contigua al municipio de Barcelona, hay una primera corona metropolitana extremadamente densa y urbanizada con polígonos de vivienda. A continuación, una segunda corona residencial menos densa que, en algunos casos, concentra elevadas rentas. Alrededor de las capitales de comarca hay extensas áreas que combinan usos residenciales de baja densidad y rurales (Muñiz et al, 2003).

La RMB está comunicada mediante una red de transporte radial, donde las principales concentraciones de población están conectadas con el centro de la metrópolis a través de diversas líneas ferroviarias, carreteras y autopistas (A2, C32, C17, RENFE-cercanías). El crecimiento radial ha estado históricamente muy influenciado por unas condiciones topográficas que encauzaban la expansión de la metrópolis hacia los estrechos pasos entre cordilleras, los sistemas fluviales (los ríos Llobregat y Besós) y el corredor litoral hacia el norte. Más recientemente, se mejoraron las conexiones en el eje de costa sur (C32 sur) y se ha corregido el exceso de radialidad mediante conexiones transversales (AP7, B30, N340). Tanto estas condiciones infraestructurales como las topográficas han tenido una importante influencia en el patrón de urbanización (Miralles, 1997; Muñiz et al, 2003) (Figura 2).

⁵ La comarca del Vallès Oriental contiene dos municipios que concentran la mayor parte de los empleos, Sabadell –capital de la comarca- y Terrassa.

Figura 2. Suelo urbanizado e infraestructura viaria principal en la RMB



4.2 Dispersión espacial en la RMB. Estudios previos

Son numerosos los trabajos que han abordado el problema de la dispersión urbana en la Región Metropolitana de Barcelona (Tabla 1). Respecto a la ocupación del suelo, cabe citar la controversia entre Solans (1998, 2002) y Serratosá (1998, 1999) sobre cuando comenzó a darse un modelo de ocupación del suelo discontinuo y poco denso⁶. La morfología de los asentamientos y su evolución ha sido estudiada por el equipo de Antonio Font de la ETSAV (Font et al, 1999; 2005) mediante planos detallados convenientemente actualizados, permitiendo con ello el registro pormenorizado del proceso de crecimiento metropolitano y su análisis. La expansión de la vivienda unifamiliar ha sido estudiada entre otros por Trilla (1997) y Muñoz (2005), y los procesos de suburbanización de la población por Cabré y Mòdenes (1997) y Serra (1997). Otros aspectos analizados han sido el papel del planeamiento (Monclús, 1998a, 1998b) y los cambios en el modelo de transporte (Miralles, 1997). Son también interesantes los trabajos llevados a cabo por ecólogos como Rueda (1998, 2002), Folch (1998) y Mallarach y Comas

⁶ Véase también Carreras (2002) y Rueda (1998)

(2005) sobre el impacto ambiental local de la ciudad dispersa. En cuanto a los estudios sobre estructura urbana, en Muñiz et al (2003, 2008) y Garcia-López (2008) se investiga la relación entre descentralización de la población y densidad en un contexto policéntrico, y en Garcia-López y Muñiz (2008) y Garcia-López (2006) se lleva a cabo un estudio similar para el empleo.

Tabla 1. Elementos incorporados en la definición de dispersión aplicados sobre la RMB

	<i>Consumo de suelo</i>	<i>Descentralización</i>	<i>Baja densidad</i>	<i>Desconcentración</i>	<i>Discontinuidad</i>
<i>Carrera (2002)</i>		X		X	
<i>Carreras (2002)</i>	X			X	
<i>Solans (2002)</i>	X				
<i>Rueda (2002)</i>	X		X		X
<i>Nel-lo (1999, 2002)</i>	X	X		X	
<i>Monclús (1998)</i>		X		X	X
<i>Serratosa (1998)</i>	X		X		X
<i>Muñoz (2003, 2005)</i>			X		
<i>Miralles (1997)</i>		X	X		X
<i>Font et al (1999, 2005)</i>	X	X	X		X
<i>Roca et al (2004)</i>			X		X
<i>Paül y Tonts (2005)</i>		X	X		X
<i>García y Riera (2003)</i>			X		
<i>Marull y Mallarach (2002)</i>	X		X		X
<i>Domene, Saurí y Pares (2005)</i>	X		X		
<i>Domene, Saurí (2006)</i>	X	X	X	X	
<i>Durà-Guimerà (2003)</i>			X	X	

El caso de la Región Metropolitana de Barcelona es un buen ejemplo de cómo puede analizarse el fenómeno de la dispersión cuando no existe un acuerdo sobre sus rasgos fundamentales (Tabla 1). El *consumo de suelo*, la *baja densidad residencial* y la *fragmentación o discontinuidad* son las tres dimensiones de la dispersión más citadas. En cambio, hay otras

como la *descentralización*, pero especialmente la *desconcentración*, la *expansión lineal* y el *policentrismo* donde el consenso es considerablemente menor. Cabe destacar también que, excepto en contadas excepciones (Font et al, 1999, 2005), la dispersión del empleo ha estado ausente del debate, centrándose en el caso de la población o en el consumo de suelo en general.

La cuantificación de la dispersión en la RMB se ha limitado a las dimensiones *descentralización* y *baja densidad*. Se detecta por tanto la falta de estudios de naturaleza cuantitativa sobre las dimensiones *desconcentración* y *discontinuidad*, así como un intento de cuantificación del carácter aleatorio o falto de estructura de la dispersión. Este trabajo pretende, en la medida de lo posible, cubrir dicho vacío. Sin negar la importante contribución de los trabajos previos que han abordado el fenómeno de la dispersión en la RMB, algunos de los cuales presentan un rigor más allá de cualquier duda y, en ciertos casos, una enorme precisión, el objetivo de este estudio es describir de forma homogénea, sistemática y lo más completa posible, el proceso de dispersión de la población y del empleo que se ha dado en la RMB entre 1986 y 2001.

5 MIDIENDO LA DISPERSIÓN

5.1 Datos e indicadores

Los datos

El número de agentes económicos -población y empleo- proviene del padrón de población de 1986 y del censo de población de 2001. En el caso del empleo, se ha obtenido a partir de los destinos de los desplazamientos obligados de la matriz de movilidad, por lo que se trata de *puestos de trabajo localizados*. Dado el carácter urbano del estudio, se ha considerado oportuno no incluir el empleo en los sectores agrícola, de extracción y de la energía.

La superficie de suelo proviene de los denominados *Mapes d'Usos del Sòl de Catalunya* de los años 1987 y 2002. Estos mapas, elaborados por el Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC), tienen su origen en datos multispectrales del sensor *Thematic Mapper* del satélite LANDSAT-TM, con una escala de 1:25,000. La unidad mínima cartografiada es de 0.36

hectáreas y presenta una clasificación de 21 usos, entre los cuales cuatro son urbanos⁷. Puesto que estos mapas son accesibles a través de Internet en formato *raster* para el conjunto de Cataluña, la elaboración del mapa de la Región Metropolitana de Barcelona, así como el cómputo de la superficie que, a nivel municipal, se asocia a cada uno de los usos, se ha realizado mediante tecnología SIG, concretamente a través del software ArcViews.

Parte de los indicadores propuestos pretende capturar el papel estructurador de las infraestructuras viarias. La explotación del Institut Cartogràfic de Catalunya permite obtener la distancia perpendicular para el año 1997 de cada municipio respecto la infraestructura viaria principal. La distancia temporal al acceso más cercano se ha obtenido del Departament de Política Territorial i Obres Públiques (DPTOP) que encargó el SIMCAT a la consultora Mcrit, S.L., un software SIG para realizar simulaciones sobre la infraestructura viaria. Este programa incorpora las infraestructuras cada cinco años, desde 1986 a 2001.

Es necesario mencionar que no todos los 164 municipios que constituían la RMB en 2001 existían en 1986. En 1995 y 1999 se crean dos municipios nuevos, Badia del Vallès y La Palma de Cervelló, a partir de su escisión de Cerdanyola del Vallès y Cervelló, respectivamente. Para mantener el número de observaciones constante se ha decidido trabajar con 162 municipios. La información de los municipios escindidos se ha incorporado a los municipios de origen.

Los indicadores

El indicador utilizado para caracterizar la *descentralización* de la población y del empleo es la distancia media ponderada al CBD (Galster et al, 2001; Glaeser y Kahn, 2004; Malpezzi y Guo, 2001)⁸. Debe recordarse que en este trabajo la descentralización se considera una condición necesaria pero no suficiente para que se dé dispersión.

⁷ Urbanizaciones, núcleos urbanos, zonas industriales y de servicios e infraestructuras.

⁸ Otros indicadores alternativos son la densidad teórica central (Malpezzi y Guo, 2001; Ewing et al, 2005) y el gradiente de densidad estimados a partir de una función de densidad exponencial (Bertaud y Malpezzi, 1999; Torrens y Alberti, 2000; Malpezzi y Guo, 2001; Couch et al, 2005), el porcentaje de población y/o empleo en el centro (Galster et al, 2001; Wassmer, 2000), o el porcentaje de población y/o empleo a menos de tres millas del centro (Glaeser y Kahn, 2004).

Densidad. Al igual que en otros trabajos, el indicador de intensidad de uso del suelo es la densidad neta. (Malpezzi y Guo, 2001; Galster et al, 2001; Wassmer y Edwards, 2005; Wolman et al, 2005; Glaeser y Kahn, 2004; Song y Knaap, 2004, Kahn, 2006)⁹.

Concentración. Se mide mediante el índice de Gini (Tsai, 2005)¹⁰.

Discontinuidad. El grado de discontinuidad se aproxima a partir del número de bolsas urbanas (islas de continuidad edificada) y un indicador especialmente construido donde el número de bolsas se pondera por la población del municipio. Este indicador también puede calcularse a escala metropolitana.

Desestructuración o desvertebración del territorio. Se estima una función de densidad donde aparecen como variables explicativas la distancia al CBD, al subcentro más próximo y a los ejes y accesos de transporte (elementos estructurantes artificiales), así como la distancia a la costa y el porcentaje de suelo boscoso (elementos estructurantes naturales). El valor de los coeficientes, su significatividad estadística y la R^2 del modelo son los indicadores utilizados para analizar qué ha sucedido durante el espacio de tiempo considerado¹¹. Dos indicadores adicionales son la distancia ponderada a la infraestructura de transporte y el porcentaje de empleo y población en el CBD y los subcentros¹².

⁹ Otro indicador de densidad utilizado en ocasiones es el porcentaje de población y/o empleo localizada en condiciones de baja densidad, entendiéndose por baja densidad la que esté por debajo de un determinado umbral (Ewing et al, 2005).

¹⁰ Otros indicadores similares utilizados en diferentes trabajos son el porcentaje de población y/o empleo que vive en zonas muy densas, la desviación típica de la densidad, el índice de disimilitud de Massey y Denton (Galster et al, 2001; Wolman et al, 2005), o los índices de Theil (Tsai, 2005) y Geary (Malpezzi y Guo, 2001).

¹¹ Otros indicadores utilizados con este propósito son la autocorrelación espacial –siempre que sea no significativa- (Lee, 2007) o el índice de entropía de Shannon, (Yeh y Li, 1998, 2001).

¹² Debido al hecho de que miden dimensiones de la dispersión que no consideramos especialmente relevantes, o bien porque pueden capturar diferentes dimensiones de forma simultánea, se ha prescindido de los indicadores referentes a la ocupación de suelo agrícola para usos urbanos (Brueckner y Fansler, 1983; Kasanko et al, 2006; European Environment Agency, 2002a, 2006, Wassmer, 2000) y el Índice de Moran (Tsai, 2005). Otros indicadores descartados que han sido utilizados de forma muy limitada son el índice Rho (Bertaud y Malpezzi, 1999; Malpezzi y Guo, 2001), los índices gravitacionales (Malpezzi y Guo, 2001; Torrens y Alberti, 2000), los fractales (Torrens y Alberti, 2000), o los índices de contagio ecológico (Torrens y Alberti, 2001).

5.2 Consumo de suelo y descentralización

Entre 1987 y 2001, la población de la Región Metropolitana de Barcelona pasó de 4,229,422 a 4,390,413; una tasa de crecimiento del 3.8%. Durante el mismo periodo, el número de puestos de trabajo creció de forma significativa, pasando de 1,063,283 a 1,822,819, lo cual representa una tasa de crecimiento del 71.4%. Por último, la superficie urbanizada aumentó en 25,503 hectáreas. Con una tasa de crecimiento del 60%, el suelo urbanizado pasó de 42,496 hectáreas a 67,999 hectáreas (Tabla 2). Los datos indican que el ritmo de consumo de suelo durante esta década ha sido considerablemente superior al crecimiento del empleo, pero especialmente al de la población.

Tabla 2. Consumo de suelo, población y empleo en la RMB, 1987-2002: superficies

	1987	2002	1987-2002
<i>Suelo urbanizado (ha)</i>	42,496 (13.1%)	67,999 (20.9%)	25,503 (60%)
<i>Suelo en resto de usos (ha)</i>	281,778 (86.8%)	256,284 (79%)	-25,493 (-9%)
<i>Población</i>	4,229,527	4,390,413	160,886 (3.8%)
<i>Empleo</i>	1,063,283	1,822,819	759,536 (71.4%)

Entre 1986 y 2001, la distancia media ponderada de la población respecto al CBD ha pasado de 10.2 Km. a 12.1 Km., y la del empleo de 9.8 Km. a 11.1 Km. Durante los quince años que abarca el estudio se detecta por tanto una clara tendencia hacia la *descentralización*¹³ (Tabla 3).

5.3 Dispersión (1): Desconcentración, baja densidad y discontinuidad

a) Desconcentración

¹³ La distancia media ponderada ha sido calculada como $DCBD_i = \sum_i (d_{iCBD} s_{i,t})$ donde d_{iCBD} es la distancia que separa el municipio i del CBD y $s_{i,t}$ es la proporción de agentes (población/empleo) que acumula el municipio respecto el total de la RMB.

La caída en el valor del *índice de Gini*¹⁴ aplicado al volumen de población y de empleo refleja la desconcentración de los agentes en el territorio. La diferencia entre los municipios más y menos poblados, así como aquellos que cuentan con más y menos empleo, se ha reducido, por lo que tanto la población como los puestos de trabajo se distribuyen de forma más equilibrada en el ámbito metropolitano (Tabla 3).

b) Baja densidad

La densidad neta de población ha caído de forma significativa, pasando de 148.2 a 96.2 habitantes por hectárea (Tabla 3). La caída de la densidad de población ha sido posible gracias a importantes cambios en la edificación, localización y uso de las viviendas. Los datos del *Censo de Viviendas* indica que el número de viviendas total de la RMB ha pasado de 1,729,717 a 2,063,975 entre 1991 y 2001, un incremento neto de 334,256 viviendas que supone una tasa de crecimiento del 20%¹⁵ (Tabla 4). Atendiendo a los datos anteriores, cabría esperar una cierta correspondencia entre la caída de la densidad y un mayor peso de las viviendas unifamiliares. Sin embargo, los datos lo desmienten. Con una tasa de crecimiento de tan solo el 9.3%, el número de viviendas unifamiliares ha pasado de 282,787 en 1991 a 309,138 en 2001, pero su peso respecto al total de viviendas se ha reducido, cayendo del 16.3% al 14.9% (Tabla 4).

Estos resultados esconden sin embargo un fenómeno de capital importancia, el paso de segundas a primeras residencias. Dado que la densidad residencial se calcula a partir de la población censada, el porcentaje de personas que vive habitualmente en una vivienda unifamiliar no ha crecido un 9.3%, sino un 26.5% (Tabla 4). Es el cambio de uso y no la edificación de viviendas unifamiliares, lo que explica la importante caída de los niveles de densidad calculados a partir de la población residente. Ha sido de tal magnitud el cambio de

¹⁴ El índice de Gini municipal permite evaluar el grado de concentración municipal, es decir, hasta qué punto los agentes se han concentrado en unas pocas observaciones (municipios): $GM_i = 1 - \sum_i (s_{i,j} + s_{i-1,j}) (1/n)$ En la curva de Lorenz asociada se grafican los valores acumulativos de $s_{i,j}$ (porcentajes municipales) en el eje de ordenadas respecto el número acumulado de municipios en el de abscisas (cada intervalo con la misma amplitud, $1/n$).

¹⁵ El censo de viviendas se lleva a cabo cada diez años, por lo que no se disponen de los datos para el año 1986. Se ha constatado que la evolución desde 1981 no se diferencia significativamente de la que se da a partir de 1991, por lo que se ha decidido no incluir esta información.

usos que, a pesar de que se ha dado un fuerte incremento en el número de viviendas unifamiliares para ser utilizadas como segundas residencias, el saldo del número de viviendas unifamiliares no principales entre 1991 y 2001 presenta un signo negativo. En 2001 había 21,484 viviendas unifamiliares no principales menos que en 1991.

Tabla 3. Indicadores de dispersión en la RMB, 1986-2001

	1986		2001	
	Población	Empleo	Población	Empleo
<i>Descentralización</i>				
Distancia media ponderada al CBD (Km.)	10.2	9.8	12.1	11.1
<i>Desconcentración</i>				
Índice de Gini	0.85	0.85	0.79	0.81
<i>Baja densidad</i>				
Densidad neta (agentes por hectárea)	148.2	39.4	96.2	67.2
<i>Discontinuidad</i>				
Número de bolsas				
Bolsas / Suelo urbanizado (sin infraestructuras)	3,105		2,468	
	0.059		0.043	
<i>Desestructuración (I)</i>				
<i>Crecimiento lineal</i>				
Distancia perpendicular infraestructura (Km.)	1.1	1.2	1.1	1.1
Distancia acceso viario (Km.)	3.6	3.7	2.6	2.6
<i>Desestructuración (II)</i>				
<i>Policentrismo</i>				
Número de subcentros	7	6	10	9
% agentes en subcentros (año t)	15.1%	14.8%	19.5%	18.0%

Tabla 4. Viviendas en la RMB, 1991-2001: unidades, peso y crecimiento

	1991	2001	1991-2001
<i>Todas las viviendas</i>	1,729,719	2,063,975	334,256 (19.32%)
<i>Todas las unifamiliares</i>	282,787 (16.3%)*	309,138 (14.9%)*	26,351 (9.3%)
<i>Viviendas principales</i>	1,365,808 (78.9%)*	1,607,347 (77.8%)*	241,539 (17.6%)
<i>Unifamiliares principales</i>	173,281 (10%)* (12.6%)**	219,337 (10.6%)* (13.6%)**	46,056 (26.5%)
<i>Viviendas no principales</i>	363,911 (21%)*	441,692 (21.4%)*	77,781 (21.3%)
<i>Unifamiliares no principales</i>	109,506 (6.3%)* (30%)***	88,022 (4.2%)* (19.9%)***	-21,484 (-19.6%)

* Porcentaje respecto total viviendas. ** Porcentaje respecto viviendas principales. *** Porcentaje respecto viviendas no principales.

En el caso del empleo, su densidad neta ha aumentado de 54 a 67 puestos de trabajo por hectárea (Tabla 3). Este resultado se debe a que el intenso crecimiento del empleo se ha localizado en un espacio que en gran medida ya estaba disponible en 1986. El principal cambio ha consistido en utilizarlo de forma más intensiva.

c) Discontinuidad

Para analizar la evolución de la discontinuidad, se parte del total de suelo urbano con independencia al uso que se le dé (residencial o productivo) conformando *bolsas*. Cada bolsa se corresponde con un espacio edificado continuo. Según el *Mapa de Usos del Suelo de la Región Metropolitana de Barcelona*, el número de bolsas que había en 1987, 3105, supera el que había en 2002, 2468. Parece por tanto que entre 1987 y 2002 el territorio no ha tendido a dispersarse de forma discontinua, sino todo lo contrario. Existe un buen número de casos donde, bolsas que en 1987 estaban a una corta distancia, se han anexionado formando una sola. Este resultado no desmiente el carácter fragmentado y discontinuo de la RMB. Sugiere en cambio que la discontinuidad no es un fenómeno reciente. La fragmentación que hoy puede observarse ya estaba presente en 1987 y, probablemente, con bastante anterioridad a juzgar por los resultados obtenidos por Font et al (2005) al comparar los tejidos discontinuos de 2000 con los de 1977¹⁶.

Una forma de capturar la evolución de la discontinuidad para el conjunto de la RMB teniendo en cuenta no sólo el número de bolsas sino también el espacio que ocupan, consiste en calcular el ratio entre el número de bolsas y el suelo urbanizado total (excepto las infraestructuras). Si aumenta el número de bolsas, permaneciendo estable el suelo urbanizado, implica una mayor discontinuidad. Si por el contrario el número de bolsas permanece estable, pero aumenta el suelo urbanizado, el indicador caería de valor, es decir, indicaría una menor discontinuidad, ya que con un número igual de bolsas ha sido posible urbanizar más territorio. Para el caso de la RMB en su conjunto, dicho ratio ha pasado de 0.059 en 1987 a 0.043 en 2002.

¹⁶ A grandes rasgos se detecta un aumento en el número de bolsas en los municipios cercanos a Granollers, en la costa del Maresme y, en general, en los márgenes interiores de la RMB. En el otro extremo, los municipios que en mayor medida han consolidado bolsas urbanas están localizados en el continuo de Barcelona, en el Baix Llobregat, en el corredor de Caldes y en las proximidades de Vilanova.

5.4 Dispersión (2): Cambios en la estructura espacial

Proximidad a la infraestructura viaria y peso de los subcentros

Tomando como referencia el mapa de infraestructuras viarias de 1997, la distancia media perpendicular -ponderada por el peso poblacional- de cada municipio al *eje viario* más próximo se ha mantenido invariable entre 1986 y 2001 con un valor de 1.1 Km. En el caso del empleo, ha pasado de 1.2 Km. a 1.1 Km., lo cual supone un ligero acercamiento. En cuanto a la distancia media ponderada respecto al *acceso viario* más próximo, ha caído de 3.6 Km. a 2.68 Km. para la población, y de 3.7 Km. a 2.6 Km. para el empleo (Tabla 3). El crecimiento de la población y del empleo ha sido por tanto más intenso cerca de los accesos a las principales infraestructuras viarias, debido tanto a un acercamiento de los agentes a los accesos, como a mejoras en los accesos que ha permitido acercarlos a los agentes.

Policentrismo

Aplicando los umbrales estadísticos al porcentaje de población o empleo y a las condiciones de densidad utilizados en trabajos anteriores¹⁷ (una densidad de población o empleo por encima de la densidad media de la región y un porcentaje municipal de población o empleo superior al 1% del total), el número de municipios que cumplía con ambas condiciones y que por tanto podemos catalogar como subcentros en 1986 y en 2001, aumenta de 7 a 10 en el caso de la población¹⁸ (Tabla 3) y de 6 a 9 en el del empleo¹⁹ (Tabla 3).

A pesar de que la población concentrada en el CBD ha caído sensiblemente, pasando de representar el 64.6% al 56.1% del total de la RMB (Tabla 5), el peso de la población localizada en subcentros ha aumentado, tanto si se incorporan en el cálculo los nuevos subcentros identificados en 2001 (10), como si sólo se tienen en cuenta los subcentros identificados en 1986 (7). Ahora bien, al considerar sólo los subcentros identificados en 1986 como referencia,

¹⁷ Véase García-López y Muñiz (2007) y Muñiz et al (2008).

¹⁸ En 1986 los subcentros de población son Granollers, Mataró, Rubí, Sabadell, Terrassa, Cerdanyola del Vallès y Viladecans. En 2001 se incorporan a la lista los municipios de Martorell, Mollet del Vallès y Vilanova i la Geltrú.

¹⁹ En 1986 los subcentros de empleo son Granollers, Mataró, Rubí, Sabadell, Terrassa y Vilanova i la Geltrú. En 2001 se incorporan a la lista los municipios de Martorell, Cerdanyola del Vallès y Sant Cugat del Vallès.

el crecimiento de la población ha sido más intenso en el grupo de “resto de municipios”. En el caso del empleo, tomando como referencia los 6 subcentros identificados en 1986 y los 9 en 2001, el porcentaje de puestos de trabajo localizados en subcentros pasa de representar el 14.8% a alcanzar el 18% (Tabla 6). La tasa de crecimiento del empleo en los subcentros (108.6%) supera ligeramente a la que se da de forma más dispersa en el grupo de “otros municipios” (106%). No sucede lo mismo cuando se consideran tan sólo los subcentros identificados en 1986. Al igual que sucede con la población, el crecimiento del empleo es mayor en el “resto de municipios” que en los subcentros, lo cual indica una cierta saturación de los subcentros tradicionales y un fuerte dinamismo de los emergentes.

Tabla 5. Importancia y crecimiento de la población por ámbitos espaciales 1986-2001

		1986	2001	1986-2001
<i>CBD</i>		2,729,955 (64.6%)	2,465,234 (56.1%)	-264,721 (-9.7%)
<i>Subcentros año t</i>	<i>Subcentros</i>	639,176 (15.1%)	853,850 (19.5%)	214,674 (33.6%)
	<i>Otros municipios</i>	860,396 (20.3%)	1,071,329 (24.4%)	210,933 (24.5%)
<i>CBD</i>		2,729,955 (64.5%)	2,465,234 (56.1%)	-264,721 (-9.7%)
<i>Subcentros 1986</i>	<i>Subcentros</i>	639,176 (15.1%)	706,746 (16.1%)	67,570 (10.6%)
	<i>Otros municipios</i>	860,396 (20.3%)	1,218,433 (27.8%)	358,037 (41.6%)

Tabla 6. Importancia y crecimiento del empleo por ámbitos espaciales 1986-2001

		1986	2001	1986-2001
<i>CBD</i>		689,385 (64.8%)	1,048,400 (57.5%)	359,015 (52.1%)
<i>Subcentros año t</i>	<i>Subcentros</i>	157,063 (14.8%)	327,698 (18.0%)	170,365 (108.6%)
	<i>Otros municipios</i>	216,835 (20.4%)	446,721 (24.5%)	229,886 (106.0%)
<i>CBD</i>		689,385 (64.8%)	1,048,400 (57.5%)	359,015 (52.1%)
<i>Subcentros 1986</i>	<i>Subcentros</i>	157,063 (14.8%)	255,898 (14.0%)	98,835 (62.9%)
	<i>Otros municipios</i>	216,835 (20.4%)	518,521 (28.4%)	301,686 (139.1%)

El efecto de las infraestructuras de transporte, los subcentros y la topografía sobre la densidad

Los elementos que suelen citarse como piezas básicas en la estructuración del espacio urbano son los centros de población y empleo y las infraestructuras de transporte. Según los modelos más recientes de la *Nueva Economía Urbana*, localización e intensidad de uso del suelo vienen condicionadas por la distancia a los centros (CBD y subcentros). A mayor proximidad, mayor puja y por tanto mayor densidad. Las infraestructuras de transporte es el otro elemento que tradicionalmente ha orientado el crecimiento urbano. El espacio más próximo a la infraestructura viaria es más accesible, por lo que resulta más valioso y tiende a utilizarse de forma más intensiva. El papel estructurante de ambos elementos puede deberse a dinámicas de mercado, tal como estipulan los modelos de la NEU (Ogawa y Fujita, 1980; Sullivan, 1986; White, 1999), o bien a una planificación orientada a utilizar el suelo disponible de la forma más eficiente posible (Charney, 2005). Los economistas han tendido a no incluir otros factores que pueden condicionar la forma urbana, posiblemente debido a la abstracción de los modelos con los que trabajan²⁰. Planificadores y geógrafos en cambio prestan una especial atención a elementos topográficos, como los cursos fluviales, la línea de costa, o los sistemas montañosos. Muy pocas ciudades se expanden en todas las direcciones sobre una superficie plana no ocupada, lo cual evidentemente tiene consecuencias sobre la forma y estructura del crecimiento urbano.

Uno de los argumentos utilizados por los teóricos de la dispersión es que las mejoras en las infraestructuras de transporte y las comunicaciones han restado importancia a las ventajas de la concentración. Si las pautas de localización de los agentes están cada vez menos afectadas por la proximidad a los puestos de trabajo o a los ejes de transporte, el modelo de ocupación del suelo tenderá a presentar un aspecto aleatorio. Para testar esta hipótesis se ha estimado una función de densidad neta donde se utiliza como variables explicativas la distancia al CBD, a los subcentros previamente identificados, y a las infraestructuras de transporte (distancia física perpendicular al eje viario más próximo y distancia-tiempo al acceso más cercano).

²⁰ Una de las pocas excepciones es el reciente trabajo de Burchfield et al (2006).

Adicionalmente, se incorporan en el modelo dos de los elementos más distintivos de la topografía de la región: la costa y los sistemas montañosos (distancia a la costa y porcentaje de suelo boscoso respecto a la superficie total del municipio). La estimación se ha llevado a cabo mediante Mínimos Cuadrados Ordinarios y la variable *distancia al subcentro más próximo* se ha incluido en su forma invertida para corregir los problemas de heterocedasticidad. Los resultados más destacables se presentan a continuación (Tabla 7).

La *distancia a Barcelona* ejerce un efecto negativo y significativo, tanto para la población como para el empleo. Aunque el valor del parámetro estimado ha caído, su significatividad ha aumentado, de forma que, a pesar de la descentralización que implica la reducción del gradiente, el CBD sigue ejerciendo un papel estructurador fundamental.

El coeficiente de la *inversa de la distancia al subcentro más próximo*, tal como se esperaba, presenta un signo positivo. Al introducirse de forma inversa, que el valor sea positivo indica que la densidad se reduce con la distancia. El valor del parámetro ha caído, reflejando la descentralización de la población y del empleo desde los subcentros hacia su propia periferia. Aún así, el coeficiente sigue siendo significativo, especialmente para el caso de la población, de modo que también los subcentros mantienen su papel estructurador. El efecto de la *distancia a las infraestructuras de transporte* parece haber experimentado cambios relevantes. Los ejes radiales que tradicionalmente habían estructurado el crecimiento de la región pierden peso frente a la importancia de localizarse cerca de un acceso a la red viaria, especialmente en el empleo. La significatividad del parámetro en 2001 y su signo negativo avalan dicha hipótesis. La *distancia a la costa* resulta cada vez menos determinante, aunque tal como se esperaba, presenta un signo negativo. Históricamente, el suelo próximo a la costa se ha urbanizado de forma más intensiva, especialmente hacia el norte. Sin embargo, la saturación ha llevado a ocupar el suelo más alejado, lo cual explica la caída del valor del parámetro. Por último, el coeficiente del porcentaje de suelo boscoso –como *proxi* de una elevada pendiente y buen acceso a amenidades ambientales- ejerce un impacto claramente diferenciado para la población y el empleo. En el caso de la población, tiene un efecto negativo, es decir, los municipios con más suelo boscoso tienden a ocupar el suelo edificable con viviendas unifamiliares en

condiciones de baja densidad (coeficiente negativo). En cambio, disponer de relativamente poco suelo urbanizable ha conllevado utilizar de forma más intensiva el que se utiliza para ubicar la actividad económica del municipio (coeficiente positivo).

Tabla 7. Estructura espacial en la RMB, 1986-2001: Densidad neta

	Población		Empleo	
	1986	2001	1986	2001
<i>c</i>	5.777*** (23.56)	5.196*** (25.84)	3.419*** (19.23)	4.260*** (38.06)
<i>Distancia a Barcelona</i>	-0.032*** (-3.66)	-0.025*** (-4.88)	-0.019** (-2.33)	-0.014*** (-3.77)
<i>Inversa de la distancia al subcentro más próximo</i>	0.603*** (2.84)	0.521*** (2.91)	0.716*** (4.09)	0.205* (1.74)
<i>Distancia al acceso viario más próximo</i>	-0.004 (-0.21)	-0.025 (-1.32)	0.017 (0.95)	-0.053*** (-3.28)
<i>Distancia perpendicular al eje viario</i>	-0.014 (-0.25)	-0.078* (-1.68)	0.061 (1.18)	0.049 (1.26)
<i>Distancia a la costa</i>	-0.022*** (-2.62)	-0.010 (-1.36)	-0.033*** (-3.86)	-0.012* (-1.71)
<i>Porcentaje de suelo con bosque</i>	-1.603*** (-4.77)	-1.299*** (-4.78)	0.036 (0.10)	0.481** (2.11)
\bar{R}^2	0.410	0.502	0.105	0.285

***, **, * Variables significativas al 99%, 95% y 90%, respectivamente.

En conjunto, el modelo es capaz de explicar mejor la densidad de población y empleo con el paso del tiempo (la R^2 aumenta), por lo que los elementos considerados como estructuradores del espacio metropolitano ejercen su papel de forma más determinante en 2001 que en 1986. La RMB no crece siguiendo un modelo caótico, aleatorio o amorfo, sino estructurado a partir de los centros, las infraestructuras de transporte y las condiciones topográficas.

5. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos indican que, tanto en el caso de la población como en el del empleo, durante los quince años que abarca el estudio se ha dado un proceso de descentralización y desconcentración. Los agentes han tendido a localizarse más lejos del CBD ocupando el territorio de forma más homogénea. La densidad de población ha caído, es decir, el

ritmo de ocupación de suelo para usos residenciales ha sido superior al crecimiento de la población. Sin embargo, debe destacarse que el crecimiento de la vivienda unifamiliar ha sido menor que el de la plurifamiliar. En contraste con el caso de la población, la densidad de empleo ha aumentado. El importante crecimiento de puestos de trabajo se ha ubicado preferentemente en un espacio que ya está disponible en 1986, pero que probablemente se utilizaba por debajo de su potencial. La discontinuidad del territorio ha sido corregida al juntarse bolsas (*infill*) que en 1986 estaban separadas.

Estos resultados contradicen lo afirmado en algunos trabajos donde se magnifica la intensidad del proceso de dispersión que se ha dado en Barcelona (Muñoz, 2005; Rueda, 2002, Serratos, 1998), coincidiendo en cambio a grandes rasgos con los resultados obtenidos en Font et al (1999, 2007) y Carreras (2002). Cataluña en general (Ministerio de Fomento, 2006), y la Región Metropolitana de Barcelona en particular, son territorios que han quedado relativamente al margen del intenso proceso de ocupación de suelo que se ha dado en el resto de España. Las razones que pueden explicar este comportamiento son una mayor sensibilidad por parte de las administraciones locales hacia temas ambientales (la mayoría de municipios de la RMB están gobernados por fuerzas de izquierda), o bien porque la dispersión que recientemente se ha impuesto en el resto de España, ya se había dado anteriormente en Barcelona²¹. Otra explicación adicional es el hecho de que el 75% de la superficie de la RMB es suelo no urbanizable, principalmente bosques. Gracias a una protección explícita, el suelo previamente calificado como no urbanizable ha quedado al margen del efecto expansivo que ha generado la ley del suelo de 1998. Las diferencias en los resultados sobre vivienda unifamiliar que obtenemos en relación al trabajo de Muñoz (2005) pueden deberse a que en su caso se utilizó el registro de obra construida –vivienda iniciada y acabada- (no incluye la destruida), pero sobretodo a que abarca una escala espacial mayor, la provincia de Barcelona.

²¹ Tal como se constata en Solé y Viladecans (2007) el porcentaje de suelo urbanizado de los municipios españoles ha tendido a converger, de forma que la ocupación de suelo ha aumentado más en aquellos municipios que partían de una ocupación de suelo para usos urbanos menor. Los trabajos de Font et al (1999, 2005) registran el proceso de descontrol y gran crecimiento en el consumo de suelo en el periodo comprendido entre 1970 y 1985.

Un resultado especialmente interesante es la constatación de que el crecimiento de la RMB no se está dando bajo un modelo caótico, sino crecientemente estructurado a partir de los centros y accesos a las infraestructuras de transporte. Si asimilamos dispersión con crecimiento aleatorio, la RMB no se ha dispersado, sino que se ha extendido siguiendo una estructura cada vez más definida.

BIBLIOGRAFÍA

- Allen, A. 2003. Environment planning and management of the peri-urban interface: perspectives on an emerging field. *Environment and Urbanization* 15:135-47.
- Anas, A., R. Arnott, and K.A. Small. 1998. Urban spatial structure. *Journal of Economic Literature* 36:1426-64.
- Anderson, N.B., and W.T. Bogart. 2001. The structure of sprawl. Identifying and characterizing employment centers in polycentric metropolitan areas. *American Journal of Economics and Sociology* 60:147-69.
- Angel, S., J. Parent, D. and Civco. 2007. Urban Sprawl metrics: An analysis of global expansion using GIS. ASPRS, 2007 Annual Conference. Tampa, Florida.
- Audirac, I., A.H. Shermeyen, and M.T. Smith 1990. Ideal urban form and visions of the good life: Florida's growth management dilemma. *Journal of the American Planning Association* 56:470-82.
- Balsameda, M., I. San Martín, and M. Sebastián. 2002. Una aproximación cuantitativa a la "burbuja inmobiliaria". *Situación inmobiliaria* Diciembre:22-33.
- Bertaud, A, and S. Malpezzi. 1999. The spatial distribution of population in 35 world cities: The role of markets, planning, and topography. Center for Urban Land Economics Research.
- Bravestock, J., R. Smith, and P. Taylor. 2000. World-city network: A new metageography? *Annals of the Association of American geographers* 90:123-34.
- Breslaw, J.A. 1990. Density and urban sprawl: A comment. *Land Economics* 66:464-9.
- Brueckener, J.K. 1997. Reducing the need to travel. *Environment and Planning B* 24:437-99.

- Brueckner, J.K. 2000. Urban sprawl: Lessons from Urban Economics. In *Brookings-Wharton papers on urban affairs*, ed. W.G. Gale and J.R. Pack, 65-89. Washington DC: Brookings Institution.
- Brueckner, J.K., and D.A. Fansler, D.A 1983. The economics of urban sprawl: theory and evidence on the spatial sizes of cities. *The Review of Economics and Statistics*: 55:479-82.
- Burchell, R.W., N.A. Shad, L. Listokin, H. Phillips, A. Downs, S. Seskin, J.S. Davis, T. Moore, D. Helton, M. Gall, and ECONorthwest. 1998. *Costs of sprawl –revisited*. Washington, DC, National Academy Press.
- Burchfield, M., H.G. Overman, D. Puga, and M.A. Turner. 2006. Causes of sprawl: A portrait from the space. *The Quarterly Journal of Economics* 121:587-633.
- Cabré, A., and J.A. Módenes. 1997. Dinàmiques demogràfiques recents a la Regió Metropolitana de Barcelona. *Revista Econòmica de Catalunya* 33:66-75.
- Cairncross, F. 1997. *The death of distance: How the communications revolution will change our lives*. Boston: Harvard Business School.
- Camagni, R., M.C. Gibelli, and P. Rigamonti. 2002. Urban mobility and urban form: The social and environmental costs of different patterns of urban expansion. *Ecological Economics* 40:199-216.
- Carrera, J.M. 2002. Aproximacions a l'estructura de l'Àrea Metropolitana de Barcelona. Diferents maneres d'ocupar el territori. *Papers* 36:9-24.
- Carreras, J.M. 2002. La redistribució de la ciutat al territori de la Regió Metropolitana de Barcelona. *Papers* 36:25-48.
- Carruthers, J.I., and C.F. Ulfarsson. 2003. Urban sprawl and the cost of public services. *Environment and Planning B* 30:503-22.
- Castells, M. 1989. *The informational city*. Oxford: Basil Blackwell.
- Charney, I. 2005. Re-examining suburban dispersal: Evidence from suburban Toronto. *Journal of Urban Affairs* 27:467-84.
- Coffey, W. J., and R. Shearmur. 2002. Agglomeration and dispersion of high-order service employment in the Montreal metropolitan region. *Urban Studies* 39:359-78.

- Couch, C., J. Karecha, H. Nuissl, and D. Rink. 2005. Decline and sprawl: An evolving type of urban development observed in Liverpool and Leipzig. *European Planning Studies* 13:117-36.
- Dear, M., and S. Flusty. 1998. Postmodern urbanism. *Annals of the Association of American Geographers* 88:50-72.
- Domene, E., D. Saurí, and M. Parés. 2005. Urbanization and sustainable resource use: The case of garden watering in the Metropolitan Region of Barcelona. *Urban Geography* 26:520-33.
- Domene, E., and D. Saurí. 2006. Urbanization and class-produce natures. Vegetable gardens in the Barcelona Metropolitan Region. *Geoforum* 38:287-98.
- Downs, A. 1999. Some realities about sprawl and urban decline. *Housing Policy Debate* 10:955-74.
- Durà-Guimerà, A. 2003. Population deconcentration and social restructuring in Barcelona, a European Mediterranean city. *Cities* 20:387-94.
- European Environment Agency. 1999. Environment in the European Union at the turn of the century. *Environmental Assessment Report* 1.
- European Environment Agency. 2002a. Towards an urban atlas. Assessment of spatial data on 25 European cities and urban areas. *Environmental Issue Report* 30.
- European Environment Agency. 2002b. Environmental signals 2002. Benchmarking the millenium. *Environmental Assessment Report* 8.
- European Environment Agency. 2006. *Urban sprawl in Europe*. European Environment Agency Report 10.
- Ewing, R. 1997. Is Los Angeles-style sprawl desirable? *Journal of American Planning Association* 63:107-26.
- Ewing, R., R. Pendall, and D. Chen. 2005. Measuring sprawl and its impact. *Smart Growth America*, Washington, DC.
- Fishman, R. 1998. Beyond Utopia: urbanism after the end of cities. In *Ciutat real, ciutat ideal*, ed. P. Subirós, Barcelona: Centre de Cultura Contemporànea de Barcelona.

- Folch, R. 1998. Socioecologia i gestió ambiental a l'àrea de Barcelona. *Revista Econòmica de Catalunya* 34:57-62.
- Font, A., C. Llop, and J.M. Vilanova. 1999. *La construcció del territori metropolità. Morfogènesi de la regió urbana de Barcelona*. Barcelona: Àrea Metropolitana de Barcelona, Mancomunitat de municipis.
- Font, A., S. Mas, L. Maristany, J.M. Carreras, and J. Valls. 2005. *Transformacions urbanitzadores. Àrea Metropolitana i Regió Metropolitana*. Barcelona: Àrea Metropolitana de Barcelona, Mancomunitat de Municipis.
- Frey, H. 1999. *Designing the city. Towards a more sustainable urban form*. London: Spon Press.
- Galster, G., R. Hanson, M. Ratcliffe, H. Wolman, and J. Freihage. 2001. Wrestling sprawl to the ground: Defining and measuring an elusive concept. *Housing Policy Debate* 12:681-717.
- García, D., and P. Riera. 2003. Expansion versus density in Barcelona. A valuation exercise. *Urban Studies* 40:1925-36.
- García-López, M.A. 2006. *Estructura espacial del empleo y economías de aglomeración: El caso de la industria en la Región Metropolitana de Barcelona*. Tesis Doctoral. Departament d'Economia Aplicada, Universitat Autònoma de Barcelona.
- García-López, M.A. 2008. Quince años de suburbanización en la Barcelona Metropolitana. ¿Se está dispersando la población? *Investigaciones Económicas* 32:53-86.
- García-López, M.A., and I. Muñiz. 2007. ¿Policentrismo o dispersión? Una aproximación desde la Nueva Economía Urbana. *Investigaciones Regionales* 11:25-44.
- García-López, M.A., and I. Muñiz. 2008. El impacto espacial de las economías de aglomeración y su efecto sobre la forma urbana. El caso de la industria en Barcelona, 1986-1996. *Revista de Economía Aplicada* Forthcoming.
- Glaeser, E. L., M.E. Kahn. 2004. Sprawl and urban growth. In *Handbook of Regional and Urban Economics Volume 4*, eds. J.V. Henderson, P. Nijkamp, E.S. Mills, P.C. Cheshire, and J.F. Thisse, 2481-527, Amsterdam: North Holland.

- Goffette-Nagot, F. 2000. Urban spread beyond the city edge. In *Economics of cities*, ed. M.J. Huriot and J.F. Thisse, 318-40. Cambridge University Press
- Gordon, P., and H.W. Richardson. 1996. Beyond polycentricity. The dispersed metropolis, Los Angeles, 1970-1990. *Journal of the American Planning Association* 62:289-95.
- Gordon, P., and H.W. Richardson. 1997. Are compact cities a desirable planning goal? *Journal of the American Planning Association* 63:89-106.
- Gordon, P., and H.L. Wong. 1985. The costs of urban sprawl –Some new evidence. *Environment and Planning A* 17:661-66.
- Graham, S., and S. Marvin 2006. *Telecommunications and the city. Electronic spaces, urban places*. London: Routledge.
- Gravagnuolo, B. 1998. *Historia del urbanismo en Europa 1750-1960*. Ediciones Akal, Madrid
- Hall, P. 1996. *Ciudades del mañana. Historia del urbanismo en el siglo XX*. Barcelona: Ediciones del Serbal.
- Hess, G.R., S.S. Daley, B.K. Dennison, R.P. McGuin, V.Z. Morin, W.G. Shelton, S.R. Lubkin, K.M. Potter, R.E. Savage, C.M. Snow, and B.M. Wrege. 2001. *Just, what is sprawl anyway?* North Carolina State University, Raleigh, NC.
- Indovina, F. 1990. *La città diffusa*. Venezia: Dipartimento di Analisi Economica e Sociale del Territorio, Istituto Universitario di Architettura di Venezia.
- Kasanko, M., J.I. Barredo, C. Lavalle, N. McCormick, L. Demicheli, V. Sagres, and A. Brezger. 2006. Are European cities becoming dispersed? A comparative analysis of 15 European urban areas. *Landscape and Urban Planning* 77:111-30.
- Kirby, A. 2004. On sprawl. *Cities* 21:369-70.
- Kahn, M.E. 2000. The environmental impact of suburbanization. *Journal of Policy Analysis and Management* 19:569-86.
- Kahn, M.E. 2006 The quality of life in sprawled versus compact cities. Paper prepared for the O.E.C.D. Regional Round table, Berkeley, March 2006.
- Ladd, H. 1992. Population, growth and the costs of providing public services. *Urban Studies* 29:273-95.

- Lang, R.E. and J. LeFurgy. 2003. Edgeless cities: Examining the noncentered metropolis. *Housing Policy Debate* 14:427-60.
- Lee, B. 2007. "Edge" or "edgeless" cities? Urban spatial structure in U.S. metropolitan areas, 1980 to 2000. *Journal of Regional Science* 47:479-515.
- Lee, J. 2007. *Geographic patterns of urban residential development*. Department of Geography, Kent State University, Kent, Ohio.
- Lee, J., and D. Wong, D. 2007. *Modelling spatial structure of residential development with Arc View GIS*. Department of Geography, Kent State University, Kent, Ohio.
- Lopez, R., and H.P. Hynes. 2003. Sprawl in the 1990's: Measurement, distribution, and trends. *Urban Affairs Review* 38:325-55.
- Mallarach, J.M., and E. Comas. 2005. Bones pràctiques d'incorporació del paisatge en el planejament urbanístic de Catalunya. *Elements de Debat Territorial* 22. Diputació de Barcelona, Xarxa de Municipis.
- Malpezzi, S., and W.K. Guo. 2001. *Measuring "sprawl": Alternative measures of urban form in U.S. metropolitan areas*. The Center for Urban Land Economics Research, University of Wisconsin, Madison,
- Marull, J., and J.M. Mallarach. 2002. La conectividad ecológica en el Área Metropolitana de Barcelona. *Ecosistemas* 2002/2.
- Ministerio de Fomento .2006. *Cambios en la ocupación de suelo en España. Implicaciones para la sostenibilidad*. Estudio realizado a partir del Proyecto *Corine Land Cover*. Observatorio de la sostenibilidad.
- Miralles, C. 1997. *Transport i ciutat. Reflexió sobre la Barcelona Metropolitana*. Bellaterra: Servei de Publicacions de la UAB.
- Monclús, F.J. 1998^a. Suburbanización y nuevas periferias. Perspectivas geográfico-urbanísticas. In *La ciudad dispersa. Suburbanización y nuevas periferias*, ed. F.J. Monclús, 5-16. Barcelona: Centre de Cultura Contemporànea de Barcelona.

- Monclús, F.J. 1998b. Estrategias urbanísticas y crecimiento suburbano en las ciudades españolas: el caso de Barcelona. In *La ciudad dispersa. Suburbanización y nuevas periferias*, ed. F.J. Monclús, 143-68. Barcelona: Centre de Cultura Contemporànea de Barcelona.
- Muñiz, I., D. Calatayud, and M.A. Garcia-López. 2007. Sprawl. Causas y efectos de la dispersión urbana. In *La ciudad de baja densidad*, ed. F. Indovina, 307-46. Barcelona: Diputació de Barcelona.
- Muñiz, I., and A. Galindo. 2005. Urban form and the ecological footprint of commuting. The case of Barcelona. *Ecological Economics* 55:499-514.
- Muñiz, I., A. Galindo, and M.A. Garcia-López. 2003. Cubic spline population density functions and satellite cities delimitation: the case of Barcelona. *Urban Studies* 40:1303-21.
- Muñiz, I., M.A. Garcia-López, and A. Galindo. 2008. The effect of employment sub-centres on population density in Barcelona. *Urban Studies* 45:627-49 Forthcoming.
- Muñoz, F. 2003. Lock living: Urban sprawl in Mediterranean cities. *Cities* 20:381-5.
- Muñoz, F. 2005. La producció residencial de baixa densitat. *Elements de Debat Territorial* 21, Diputació de Barcelona, Xarxa de Municipis.
- Naredo, J.M. 1996. *La burbuja inmobiliario-financiera en la coyuntura económica reciente (1985-1995)*. Madrid: Siglo XXI de España Editores.
- Naredo, J.M., O. Carpintero, and C. Marcos. 2003. Los aspectos patrimoniales en la coyuntura económica actual: Nuevos datos e instrumentos de análisis. *Cuadernos de Información Económica* 171:26-56.
- Nel-lo, O. 1999. Reflexiones sobre el futuro de la ciudad. In *La ciudad sostenible*, ed. A. García-Espuche, and S. Rueda, 13-45. Barcelona: Centre de Cultura Contemporànea de Barcelona.
- Nel-lo, O. 2002. *Cataluña, ciudad de ciudades*. Lleida: Editorial Milenio.
- Newman, P., and A. Thornley. 1996. *Urban planning in Europe: International competition, national systems and planning projects*. London: Routledge.
- Newman, P., and J. Kenworthy. 1989. *Cities and Automobile Dependence: A Sourcebook*. Aldershot: Gower.

- Ogawa, H., and M. Fujita. 1980. Equilibrium land use patterns in a nonmonocentric city. *Journal of Regional Science* 20:455-75.
- Paül, U., and M. Tonts. 2005. Containing urban sprawl: Trends in land use and spatial planning in the Metropolitan Region of Barcelona. *Journal of Environmental Planning and Management* 48:7-35.
- Peiser, R. 1990. Density and urban sprawl: A reply. *Land Economics* 66:469-73.
- Persky, J., and W. Wiewel. 2000. *When corporates leave town*. Detroit: Wayne State University Press.
- Pfister, N., R. Freestone, and P. Murphy. 2000. Polycentricity or dispersion? Changes in center employment in metropolitan Sydney. *Urban Geography* 21:428-42.
- Power, A. 2001. Social exclusion and urban sprawl: Is the rescue of the city possible? *Regional Studies* 35:731-42.
- Pressman, N. 1985. Forces for spatial change. In *The future of urban form. The impact of new technology*, ed. J. Brotchie, P. Newton, P. Hall, and P. Nijkamp, P. London: Routledge.
- Razin, E., and M. Rosentraub. 2000. Are fragmentation and sprawl interlinked? North American evidence. *Urban Affairs Review* 35:821-36.
- Roca, J., M.C. Burns, and J. M. Carreras. 2004. *Monitoring urban sprawl around Barcelona's Metropolitan Area with the aid of satellite imagery*. Ponencia preparada para el 20º Congreso de ISPRS, 12 a 23 de julio de 2004.
- Rogers, R., and P. Gumuchdjian. 2000. *Ciudades para un pequeño planeta*. Barcelona: Gustavo Gili.
- Rueda, S. 1998. Periurbanización y complejidad en los sistemas urbanos. In *La ciudad dispersa. Suburbanización y nuevas periferias*, ed. F.J. Monclús, 83-110. Barcelona: Centre de Cultura Contemporànea de Barcelona.
- Rueda, S. 2002. Els costos ambientals dels models urbans dispersos. *Papers* 36:73-104.
- Serra, J. 1997. La Barcelona metropolitana: Transformacions generades per l'ocupació residencial. *Revista Econòmica de Catalunya* 33:77-88

- Serratos, A. 1998. El Pla Territorial Metropolità de Barcelona i el dinamisme econòmic. *Revista Econòmica de Catalunya* 34:89-95
- Serratos, A. 1999. Ciutat compacta, urbanització dispersa. In *La ciutat sostenible*, ed. A. García-Espuche, and S. Rueda. Barcelona: Centre de Cultura Contemporànea de Barcelona.
- Shearmur, R., and Coffey, W.J. 2002. A tale of four Cities: Intrametropolitan employment distribution in Toronto, Montreal, Vancouver and Ottawa-Hull 1981-1996. *Environment and Planning A* 34:575-98.
- Shearmur, R. and Alvergne, C. (2003) "Regional Planning Policy and the Location of Employment in the Ile-de-France. Does Policy Matter?" *Urban Affairs Review*, Vol 39, nº 1, pp. 3-31
- Shearmur, R., W. Coffey, C. Dubé, and R. Barbonne, R. 2007. Intrametropolitan employment structure: Policentricity, scatteration, dispersal and chaos in Toronto, Montreal and Vancouver, 1996-2001. *Urban Studies* 44:1713-38-
- Solans, J.A. 1998. L'ordenació del sistema urbà central de Catalunya. *Revista Econòmica de Catalunya* 34:84-8.
- Solans, J.A. 2002. L'ocupació del sòl en el sistema metropolità central durant el període 1980-1998. *Papers* 36:49-72.
- Solé, A., and E. Viladecans, E. 2007 Economic and political determinants of urban expansion: exploring the local connection. Seminari de la Xarxa de Referència d'R+D+I en Economia Aplicada (XREAP), 17 de desembre, Universitat de Barcelona.
- Song, Y., and G.J. Knaap. 2004. Measuring urban form. *Journal of the American Planning Association* 70:210-25.
- Sullivan, A.M. 1986. A general equilibrium model with agglomerative economies and decentralized employment. *Journal of Urban Economics* 20:55-75.
- Torrens, P.M., and M. Alberti. 2000. Measuring Sprawl. *CASA Working Paper 27*, Centre for Advanced Spatial Analysis (CASA), University College London.
- Trilla, C. 1997. La Barcelona metropolitana: Transformacions generades per l'ocupació residencial. *Revista Econòmica de Catalunya* 33: 105-15.

- Trilla, C. 2001. *La política d'habitatge en una perspectiva europea comparada*. Col·lecció Estudis Socials, nº 9. Barcelona: Fundació La Caixa.
- Tsai, Y.H. 2005. Quantifying urban form: Compactness versus sprawl. *Urban Studies* 42:141-61.
- Wassmer, R.W. 2000. *Urban sprawl in a U.S. metropolitan area: Ways to measure and a comparison of the Sacramento areas in California and the U.S.* Department of Public Policy and Administration, California State University, Sacramento.
- Wassmer, R.W. 2001. *An economist's perspective on urban sprawl: With an application on metropolitan areas in the American West*. Department of Public Policy and Administration, California State University, Sacramento.
- Wassmer, R.W., and D. Edwards. 2005. Causes of urban sprawl (decentralization) in the United States: Natural evolution, fight from the blight and fiscalization of land use. Department of Public Policy and Administration, California State University, Sacramento.
- Wheller, J., Y. Aoyama, and B. Warf. 2000. *City Space, Industrial Space, and Cyberspace: Cities in the Telecommunications Age. The Fracturing Geographies*. London: Routledge.
- Whyte, W.H. Jr. 1958. Urban sprawl. In *The exploding metropolis*, ed. The Editors of Fortune, 115-39. New York: Doubleday and Co.
- White, M.J. 1999. Urban areas with decentralized employment: Theory and empirical work. In *Handbook of regional and urban economics Volume 3*, ed. E.S. Mills, and P. Cheshire, 1375-412. Amsterdam: North Holland.
- Wolman, H., G. Galster, R. Hanson, M. Ratcliffe, and K. Furdell. 2002. *Measuring sprawl: Problems and solutions*. 2002 Meeting of the Association of Collegiate Schools of Planning, Baltimore.
- Yeh, A.G.O., and Li, X. 1998. Sustainable land development model for growth areas using GIS. *International Journal of Geographical Information Science* 12:169-89.
- Yeh, A.G.O., and Li, X. 2001. Measurement and monitoring of urban sprawl in a rapidly growing region using entropy. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 67:83-90.