

Eficiencia Ambiental y Estructura Urbana

Los ejemplos de Madrid y Barcelona

Blanca ARELLANO¹; Montserrat MOIX¹; Josep ROCA¹

¹Universidad Politécnica de Cataluña

Centro de Política de Suelo y Valoraciones

Avda. Diagonal 649, 4to Piso

Barcelona, 08028, España

+ 34 93 401 6396,

blanca.arellano-ramos@upc.edu; montserrat.moix@upc.edu; josep.roca@upc.edu

Palabras clave: Monocentrismo, Policentrismo, Urban Sprawl, Consumo de Suelo.

Introducción

La literatura especializada ha puesto de relieve, en los últimos años, la progresiva tendencia de las estructuras metropolitanas hacia el *policentrismo*[1]. Se ha roto el paradigma de las ciudades monocéntricas, estructuradas en torno a un único CBD. Frente al downtown tradicional, las metrópolis contemporáneas han visto emerger el fenómeno de los subcentros. A su vez ha ido extendiéndose la hipótesis de la que la ciudad policéntrica (ETE, 1999) [2] es más eficiente que la ciudad monocéntrica convencional desde un punto de vista ambiental, al representar por lo general desplazamientos residencia-trabajo de menor recorrido, contribuyendo así a una movilidad más sostenible. Sin embargo pocos esfuerzos se han dirigido a contrastar efectivamente esta hipótesis. Más en concreto, buena parte de los trabajos empíricos [3] [4] se han concentrado en demostrar la existencia de singularidades, o nodos, en el manto de densidades de empleo, pero poco o nada se ha avanzado en la perspectiva de comprender esos subcentros como auténticas subestructuras hacedoras de ciudad.

Frente a estos planteamientos, el presente trabajo se dirige a sustentar una concepción más profunda de policentrismo. Una concepción que trasciende la simple identificación de los subcentros como concentraciones singulares de empleo, para erigirlos en vertebradores de verdaderas ciudades dentro de la ciudad metropolitana. Para ello se desarrolla una nueva metodología que contrasta la hipótesis de que la ciudad policéntrica es más eficiente que la ciudad monocéntrica, desde una perspectiva ambiental; especialmente en lo que respecta al consumo de suelo y movilidad sostenible.

A tal fin se realizará un estudio comparado de las dos principales metrópolis españolas: Madrid y Barcelona. El trabajo se dirige a evaluar los efectos de la estructura urbana en la sostenibilidad ambiental. A tal fin se analizarán distintos indicadores, entre los que ocupa un papel relevante el consumo de suelo y la movilidad obligada residencia-trabajo.

El ámbito de estudio: los sistemas metropolitanos de Madrid y Barcelona.

En el Centro de Política de Suelo y Valoraciones de la UPC se propuso la aplicación de la metodología del Censo americano para la delimitación del área metropolitana de Barcelona (Roca & Clusa, 1997) [5], extendida más adelante (CPSV, 2001) [6] al conjunto de metrópolis españolas de más de 500.000 habitantes. Dicha metodología, junto a la delimitación de los correspondientes sistemas metropolitanos (las llamadas áreas metropolitanas *consolidadas* -CMA- en la metodología del Censo americano), permitió avanzar en el análisis de la *estructura* de las mismas, al detectar áreas metropolitanas *primarias*¹ (PMA), configuradoras del conjunto consolidado. El resultado de dicha metodología puede observarse en las figuras 1, 2 y 3.



Fig. 1. CMA de Madrid

¹En la metodología de delimitación metropolitana del Censo americano se reconoce la existencia de áreas policéntricas, incorporando, dentro de las áreas *consolidadas*, las áreas metropolitanas *primarias*, las cuales cumplen con los requisitos del Censo (cabecera de >50.000 habitantes, etc.), pero se integran en áreas más amplias.

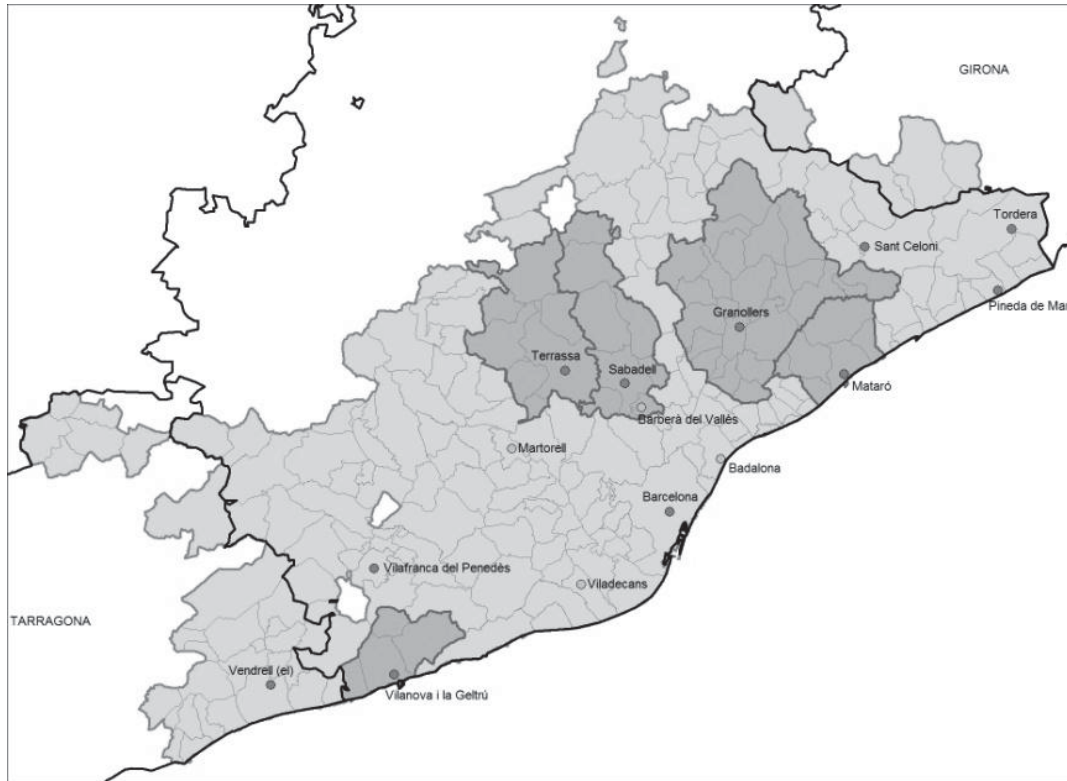


Fig. 2. CMA de Barcelona

Ciudad	Número de municipios	Superficie (km ²)	Población (2001)	Densidad Hab./km ²
Barcelona	227	4.796	4.542.509	947,15
Madrid	609	27.581	5.853.263	212,22

Fig. 3. Indicadores principales de las AM de Madrid y Barcelona

El análisis comparado de las Áreas Metropolitanas de Barcelona y Madrid, destaca por la muy diferente estructura de ambas metrópolis. No sólo en cuanto a la magnitud de las mismas (más de cinco veces más extensa Madrid que Barcelona; un millón trescientos mil habitantes más), sino también por su composición interna: Madrid tan sólo poseería una PMA (Guadalajara), frente a Barcelona, con cinco áreas primarias (Sabadell, Terrassa, Granollers, Mataró y Vilanova).

Dicho análisis permite entrever, por tanto, dos realidades urbanas muy diferenciadas. Más dispersa Madrid. Más compleja y policéntrica Barcelona.

La metodología propuesta [7] pretende construir el sistema metropolitano de forma alternativa. Se sugiere un procedimiento dirigido a la comprensión de las áreas metropolitanas como verdaderas *ciudades de ciudades* [8], superando el entendimiento de las mismas como simples sistemas de atracción de uno (o varios) centro(s) hacia *hinterlands* más o menos extensos.

El procedimiento propuesto puede caracterizarse como una metodología *down-up*, esto es, que parte de las relaciones intensas en las cortas distancias, los *sistemas urbanos*, para agregarse en estructuras progresivamente más amplias, las *áreas*

metropolitanas, hasta llegar incluso a la escala *regional*. Resumida por medio de los siguientes elementos fundamentales:

- Dada la matriz de flujos residencia/trabajo de base municipal, se calcula la matriz origen/destino, i/j , de “valores de interacción” por medio de la ecuación:

$$VI_{ij} = \frac{F_{ij}^2}{POR_i \cdot LTL_j} + \frac{F_{ji}^2}{POR_j \cdot LTL_i}$$

Donde VI_{ij} es el valor de interacción entre el municipio i y j , F_{ij} y F_{ji} , los flujos de i a j y de j a i , respectivamente, POR_i y POR_j la población ocupada residente de ambos municipios, y LTL_i y LTL_j los lugares de trabajo localizados en esos mismos municipios.

- Se agregan los municipios en *protosistemas* en virtud de su máximo VI, que esos protosistemas se cierran solo en el caso de que todos los municipios tengan su máximo VI con otro municipio del *protosistema* y que el conjunto sea físicamente contiguo.
- Los *protosistemas* se consolidan en *sistemas urbanos* cuando la *autocontención* sea igual o supere el 50%, puesto que sólo puede llamarse “ciudad” a aquellos sistemas urbanos capaces de retener al menos un 50% de la población ocupada residente². Dichos sistemas urbanos configuran *ciudades reales*, más allá de los límites municipales.
- Esos sistemas urbanos se agregan nuevamente en función a su máximo VI, conformando estructuras territoriales cada vez más extensas, que a determinada escala puede entenderse representan *áreas metropolitanas*. A los efectos de este trabajo se ha escogido el VI del 1 por mil, como elemento determinante de identificación metropolitana.

Lo anterior permite la delimitación de los protosistemas, sistemas urbanos consolidados, así como las áreas metropolitanas de Madrid y Barcelona.

Las figuras 4 y 5 nos muestran los resultados para ambas regiones urbanas. El AM de Madrid se cierra, con 180 municipios, con 7.198 km², y 5.439.588 habitantes (2001). Por su parte la delimitación del AM de Barcelona se cierra con 184 municipios, 3.744 km² 4.530.254 habitantes (2001).

Estas delimitaciones se acercan bastante a la realidad metropolitana comúnmente aceptada de ambas capitales. El sistema de Barcelona es muy similar a la llamada Región Metropolitana (RMB), ámbito de la planificación metropolitana, *veguería* establecida por el reciente Estatuto de Autonomía. Por su parte el área madrileña no llega a agotar la Comunidad de Madrid, extendiéndose, eso sí, hasta Guadalajara, hecho reconocido por una parte significativa de especialistas.

² Ese 50% es la única condición impuesta a los sistemas urbanos, junto con la continuidad. No se impone ninguna condición *administrativa* del tipo de umbral mínimo de población o LTL.



Fig. 4. Sistema metropolitano de Madrid

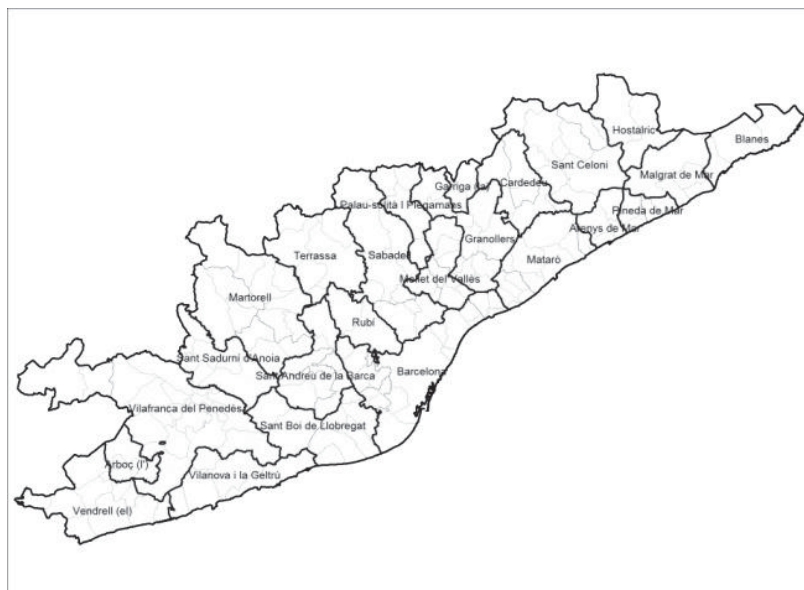


Fig. 5. Sistema metropolitano de Barcelona

Los sub-centros metropolitanos: primeras aproximaciones.

Para la identificación del fenómeno del policentrismo, la metodología basada en la relación funcional residencia/empleo por medio del concurso del *valor de interacción* será la utilizada.

El análisis de los resultados obtenidos, evidencian (para un número equivalente de municipios, 184 para Barcelona, 180 para Madrid) que si bien el número de *protosistemas* no es muy diferenciado, 44 frente a 32 (un 37,5% superior en la AMB que en la AMM), cuando esos protosistemas se consolidan en verdaderos *sistemas*

urbanos, emerge una estructura radicalmente diferenciada: 8 sistemas en Madrid, por 24 en Barcelona, un 300% más.

La comparación entre ambas metrópolis puede sintetizarse con un solo indicador: mientras el sistema urbano central madrileño agrupa a más de un 90% de los lugares de trabajo del AMM, el de Barcelona tan sólo alcanza a integrar un 56% de los LTL del AMB. *Macrocefalia (Madrid) vs. policentrismo (Barcelona)* esa es a la conclusión que nos conduce la metodología de delimitación de subcentros basada en el VI.

AM	Nombre	Nº Municipios	Nº Protosistemas	Población 2001	LTL 2001	Autocontención
Madrid	Madrid	75	17	4.851.250	2.198.392	95,9%
	Alcalá	21	2	310.042	118.601	59,7%
	Guadalajara	42	2	113.123	44.470	73,7%
	Arganda	10	2	53.521	27.213	66,9%
	Illescas	12	4	36.586	16.127	55,2%
	San Lorenzo	8	3	49.807	15.617	52,2%
	Añover de T.	5	1	14.586	4.318	60,8%
	Lominchar	7	1	10.673	3.626	64,4%
Barcelona	Barcelona	18	4	2.450.517	1.064.543	87,2%
	Sabadell	11	2	383.721	157.173	69,0%
	Terrassa	6	1	192.483	74.292	73,0%
	Mataró	13	3	202.973	71.112	70,1%
	Sant Boi	8	2	236.664	68.998	50,4%
	Granollers	10	3	123.086	61.170	68,0%
	Mollet	9	3	120.717	60.651	54,4%
	Martorell	13	3	98.282	55.801	68,5%
	Rubí	2	1	116.128	54.828	54,0%
	Sant Andreu	9	4	94.287	40.893	50,6%
	Vilanova	5	1	105.704	35.284	69,8%
	Vilafranca	18	2	54.241	25.056	79,4%
	Bianes	3	1	57.438	21.778	81,9%
	Vendrell (el)	10	1	54.983	18.464	65,4%
	Palau	4	1	28.831	15.747	56,6%
	Pineda	4	2	40.410	14.053	68,0%
	Malgrat	4	1	31.985	12.279	65,3%
	Sant Celoni	10	2	29.618	11.216	70,7%
	Cardedeu	6	2	28.628	9.882	52,1%
	Arenys	4	1	30.810	9.297	58,3%
	Garriga (la)	2	1	17.863	7.717	53,5%
	Sant Sadurní	7	1	17.451	7.680	72,1%
	Arboç (l')	4	1	8.537	2.971	55,1%
	Hostalric	4	1	4.897	2.910	58,2%

Fuente: Elaboración propia, Censo de Población (INE, 2001) y Padrón (INE, 2001)

Fig. 6. Sistemas Urbanos de las Áreas Metropolitanas de Madrid y Barcelona [9]

Monocentrismo, policentrismo y sprawl.

Finalmente, una vez confirmada la diferente estructura de las áreas metropolitanas de Barcelona y Madrid, cabe contrastar la hipótesis relativa a que el grado de policentrismo interviene positivamente en un menor consumo de suelo, y en consecuencia en un funcionamiento más eficiente de los sistemas urbanos descentralizados (ETE 1999).

El *consumo de suelo*, como cuantificación del sprawl, representa un indicador fundamental acerca de la sostenibilidad de los ecosistemas urbanos [10], no sólo en cuanto permite la evaluación del consumo de ese recurso escaso que es el suelo, sino también, en la medida que permite una evaluación indirecta del consumo energético, la producción de CO₂, y por ende de la huella ecológica.

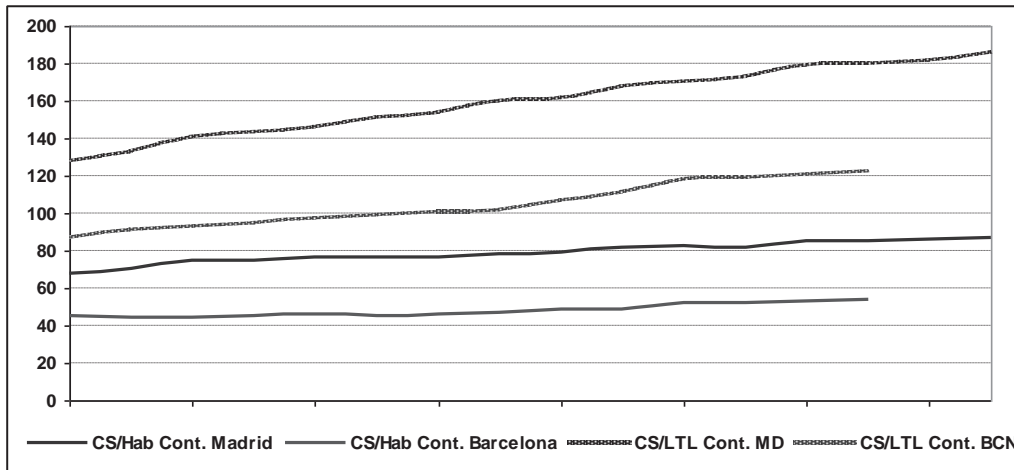


Fig. 7. Consumo de suelo por habitante en los continuos urbanos.

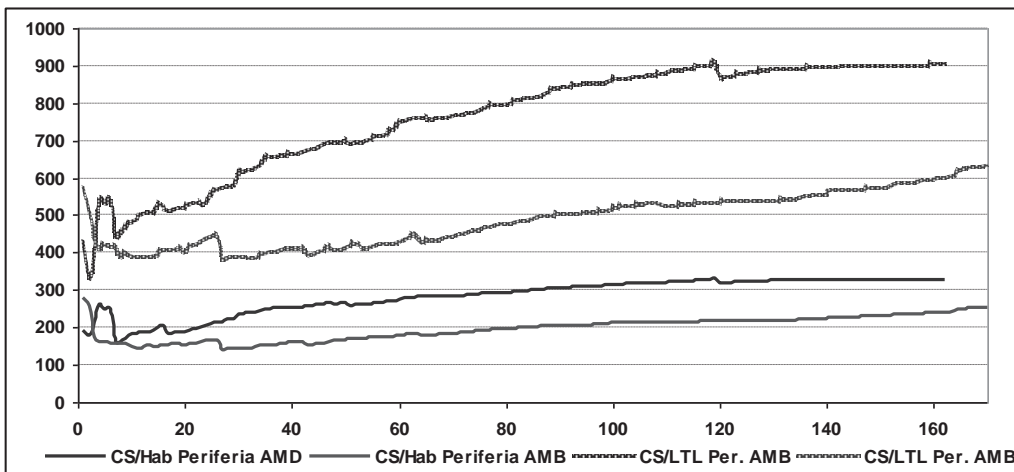


Fig. 8. Consumo de suelo por habitante en la periferia

Las figuras 7 y 8 adjuntas presentan el consumo de suelo por habitante y por lugar de trabajo de los municipios (ordenados por distancia al centro) del continuo urbano (Fig. 7) y periferia (Fig. 8) de las AM de Madrid y Barcelona. Como se puede observar se confirma el mayor *sprawl* de Madrid, fuera de pequeñísimas excepciones. La menor densidad global metropolitana de Barcelona no representa un modelo menos sostenible de ocupación del suelo, sino más bien lo contrario. De forma correlativa, si observamos la evolución de la ocupación de suelo en el periodo 1990-2000-2006 (Fig. 9), se ratifica que el AM madrileña está sometida a un mayor estrés de urbanización.

Área Metropolitana	Sup. 1990	Sup. 2000	Sup. 2006	Variación 90/00	Variación 06/00
Madrid	624,59	946,47	1104,50	151,54%	116,70%
Barcelona	696,18	767,13	814,55	110,19%	106,18%
Ratio MD/BCN	89,72%	123,38%	135,60%		

Fig. 9. Proceso de ocupación del suelo 1990-2000-2006
Fuente: CPSV y CORINE Land Cover (1990, 2000 y 2006)

Conclusiones

Una vez confirmada la diferente estructura de las áreas metropolitanas de Barcelona y Madrid, se ha contrastado la hipótesis relativa a que el grado de monocentricismo interviene de forma activa en la eficiencia y sostenibilidad ambiental de las metrópolis. Los ensayos realizados corroboran *un mayor consumo de suelo en Madrid*, a pesar de sus mejores condiciones físico-geográficas y *un proceso más contenido de ocupación de suelo en Barcelona* lo que se traduce en un menor sprawl.

El estudio parece confirmar la hipótesis de partida: *una mayor sostenibilidad de los sistemas metropolitanos policéntricos frente a los caracterizados por una macrocefalia más acentuada*. Sin embargo, aún se requieren estudios adicionales que tengan en cuenta de forma más integral el conjunto de factores que inciden en la sostenibilidad ambiental a fin de elucidar la mayor eficiencia ambiental de las estructuras policéntricas.

Referencias

- [1] **Roca, J. & Marmolejo, C & Moix, M.** (2009): “Urban Structure and Polycentrism: Towards a redefinition of the Sub-centre concept”, *Urban Studies*, 46:13:2841–2868
- [2] **Comisión Europea. ETE** (1999): *Estrategia Territorial Europea. Hacia un desarrollo equilibrado y sostenible del territorio de la UE*, Comisión Europea, Luxemburgo.
- [3] **McDonald, J. F.** (1987): “The identification of urban employment subcenters”, *Journal of Urban Economics*, 21:242–258
- [4] **McMillen, D. P. & McDonald, J. F.** (1997): “A nonparametric analysis of employment density in a polycentric city”, *Journal of Regional Science*, 37:591–612.
- [5] **Roca, J. & Clusa, J.** (1997): *La Delimitació de l'Àrea Metropolitana de Barcelona*, Centro de Política de Suelo y Valoraciones, UPC, Barcelona.
- [6] **CPSV** (2001): *La caracterización territorial y funcional de las áreas metropolitanas españolas*, Centro de Política de Suelo y Valoraciones, UPC, Barcelona.
- [7] **Roca, J. & Moix, M.** (2005): “The interaction value: its scope and limits as an instrument for delimiting urban systems”, *Regional Studies*, 39:359–375.
- [8] **Nel·lo, O.** (2002): *Cataluña, ciudad de ciudades*, Ed. Milenio, Lleida.
- [9] **Roca, J. & Arellano, B. & Moix, M.** (2011): “Estructura Urbana, policentrismo y sprawl”, *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales*, XLIII:168: 299-321.
- [10] **Arellano, B. & Roca, J.** (2010): “El Urban Sprawl, ¿Un fenómeno de alcance planetario?, Los ejemplos de México y España”, *Architecture, City and Environment*, IV:12:115-147.