

¿Cuán policéntricas son nuestras ciudades? Un análisis para las siete grandes áreas metropolitanas en España

Carlos MARMOLEJO DUARTE (1) & Nancy RUIZ ESTUPIÑÁN (2)
& Moira TORNÉS FERNÁNDEZ (2)

(1) Profesor Titular e investigador

(2) Doctorandas en Gestión y Valoración Urbana y Arquitectónica e investigadoras en formación.
Departamento de Construcciones Arquitectónicas I ETSAB CPSV-UPC.

RESUMEN: En España el debate sobre la estructura urbana se ha centrado fundamentalmente en el estudio de la polinucleación, es decir, en la identificación de subcentros, la caracterización demográfica/económica de los mismos y el estudio de su influencia sobre su entorno. Sin embargo, poca o nula atención se ha puesto a lo que parece fundamental en el estudio de las metrópolis contemporáneas: el análisis de la intervencionalidad de los subcentros. En este artículo utilizamos el indicador de policentricidad propuesto por Nick GREEN para analizar, a partir de datos de movilidad laboral, el funcionamiento en red de las principales áreas metropolitanas españolas. A partir de dicho indicador, y de los obtenidos en trabajos anteriores sobre polinucleación, intentamos aunarlos para sentar las bases de una medida integrada de policentrismo. Los resultados sugieren que cuanto mayor es la polinucleación, mayor resulta el nivel de policentricidad, a excepción del área metropolitana de Málaga que es más polinucleada que policéntrica en términos funcionales. Asimismo, se destaca que las relaciones orbitales relevantes (subcentro-subcentro) son una rareza presente en áreas como Bilbao, y sobre todo, Barcelona. Los modelos de regresión realizados para descubrir los factores que están detrás del nivel de intervencionalidad de las zonas, ponen de relieve el importante papel que sobre la movilidad origina la falta de coordinación urbanística en la provisión de vivienda y empleo acorde al perfil socioprofesional de las personas.

DESCRIPTORES: Policentrismo. Nueva economía urbana. Estructura metropolitana. Áreas urbanas españolas.

Recibido: 29.01.2015; Revisado: 20.05.2015.
Correo electrónico: carlos.marmolejo@upc.edu;
moiratornes@gmail.com; nancyruiz@gmail.com.
Los autores quieren agradecer expresamente las críticas recibidas durante el proceso de arbitraje externo, las cua-

les, sin duda, ha coadyuvado a mejorar este trabajo. Asimismo, al Ministerio de Ciencia y Educación las subvenciones recibidas para la realización de las investigaciones de las que se deriva este trabajo CSO 2009-07218 y CSO 2012-33441.

1. Introducción

La promoción del policentrismo se ha convertido en la piedra angular de casi todas las políticas territoriales, incluida la europea. La Estrategia Territorial Europea (ETE) de 1999 ha venido a consagrarlo como una herramienta de equilibrio y desarrollo territorial de las regiones periféricas. Desde una perspectiva ambiental, el policentrismo es visto por la política territorial como una oportunidad para reducir el consumo del suelo y de la movilidad, desde una perspectiva social, como un instrumento para potenciar la cohesión en tejidos compactos y diversos, y desde una perspectiva económica, se considera fundamental para activar las economías de aglomeración dentro de los núcleos diversos y las economías-red entre núcleos especializados (BOIX & TRULLÉN, 2012), por esta razón, la ETE confía en este paradigma de organización territorial como una plataforma para la competencia global.

Si bien el debate normativo ha sido prolífico, pocos esfuerzos se han puesto en intentar clarificar el concepto de policentrismo: «*at the same time the Babel-Like confusión surrounding the concept impedes academic progress*» (BURGER & MEIJERS, 2012: 1127). Con todo y que el policentrismo ha sido visto desde diferentes ángulos, es el morfológico, basado en la densidad y su distribución espacial a través de la formación de núcleos densos de empleo, el enfoque dominante. En esta variante, también llamada polinucleación, el interés se centra en estudiar cuán equilibrada es la distribución de la población y el empleo en los diferentes núcleos (y sus periferias). Aunque también diferentes esfuerzos se han centrado en la identificación de nodos en redes más complejas de interacción urbana. En esta segunda dimensión relacional, el interés se ha centrado más en la pluralidad de las conexiones que se establecen entre los núcleos (ESPON 1.1.1, 2004; DE GOEI & *al.*, 2010).

En España la discusión del policentrismo ha ido en la misma línea que la internacional, y la mayor parte de los trabajos empíricos aparecidos en el decurso de la última década se han centrado exclusiva o mayoritariamente, en la mensuración de la polinucleación (y en menor medida, en el estudio de los efectos de los subcentros en su entorno). Para dichos propósitos, se han utilizado las dos grandes familias de identificación de subcentros: la morfológica, basada en el análisis de la densidad de empleo y población, y la funcional, en flujos residencia-trabajo (UREÑA & *al.*, 2013). Como es natural, los trabajos se han centrado en el estudio de

las grandes áreas urbanas al ser éstas propicias, por su tamaño (por ejemplo, existencia de economías y deseconomías de aglomeración) y sus procesos históricos de conformación, para la existencia de más de un centro, si bien algún estudio ha abordado ámbitos territoriales con una densidad de población menor.

El trabajo pionero de MUÑIZ & *al.* (2003) importó por vez primera los métodos paramétricos de identificación de subcentros de empleo a través del uso de *splines*, cuya mayor flexibilidad funcional permitió adaptar la técnica, concebida para ciudades norteamericanas, a la realidad de las metrópolis mediterráneas, caracterizadas por centros vívidos, densos cinturones obreros y antiguos centros independientes integrados como subcentros. A ese trabajo siguió el de GARCÍA-LÓPEZ (2007) sobre los núcleos industriales, y el de RUIZ & MARMOLEJO (2008) construido sobre la densidad de compradores derivada de los flujos con propósitos de compra de la encuesta de movilidad cotidiana. Los trabajos posteriores de MUÑIZ & GARCÍA-LÓPEZ (2008), GARCÍA-LÓPEZ & MUÑIZ (2010) y GARCÍA-LÓPEZ (2010), se centraron en la utilización de técnicas econométricas más refinadas. Original, por cuanto a la información y forma de procesamiento utilizada, resultó el trabajo de MARMOLEJO & CERDA (2012), quienes a partir del análisis de los microdatos de la encuesta de movilidad cotidiana, lograron computar el tiempo que las personas participantes destinan a cada una de las actividades registradas, y con ello, construyeron lo que denominaron «densidad-tiempo», un indicador que da cuenta de la intensidad de utilización del territorio, y por ende, permite detectar subcentros, al tiempo que mensura la diversidad en su uso. No es de extrañar que todos estos trabajos seminales se hayan realizado en el ámbito metropolitano de Barcelona cuya estructura polinucleada resulta, a simple vista, evidente.

Madrid, tampoco se ha quedado rezagada en el estudio de su polinucleación. En la capital española destacan los trabajos de GALLO & *al.* (2010) o GALLO & GARRIDO (2012), basado el primero, al igual que todos los anteriormente citados, en el análisis de la densidad de empleo, y el segundo, en una creativa fuente de información: los flujos residencia-trabajo derivados de los registros de los afiliados a la Seguridad Social. Este segundo trabajo, junto al de SOLÍS & *al.* (2012), se afilia a la segunda familia de identificación de núcleos basada, no en el análisis morfológico, sino en el funcional. Otros enfoques metodológicos más cualitativos han sido llevados a cabo por SOLÍS & *al.* (2013) para la caracterización de los elemen-

tos que componen el sistema polinucleado de Madrid. Los autores destacan la importancia de reconocer y estudiar el fenómeno del policentrismo desde la óptica de la dimensión multinivel de organización territorial. Bajo esta premisa, se reconocen las diferentes trayectorias de importancia administrativa, económica o metropolitana de las ciudades en un entorno policéntrico, tipificando las ciudades intermedias según su formación satélite-suburbial industrial, satélite-suburbial de servicios o satélite-suburbial mixta.

Pionero en el análisis funcional en nuestro país, es el trabajo de TRULLÉN & BOIX (2000), quienes seguramente inspirados en la experiencia italiana (CAMAGNI, 1994) con el concurso de algoritmos gravitatorios, detectaron núcleos complementarios entre sí. Félix Pillet y su equipo (PILLET & *al.*, 2010), utilizaron flujos de población vinculada (trabajo, estudios, segunda residencia) para detectar a escala regional núcleos de estructuración territorial en Castilla-La Mancha. FERIA (2008 y 2010) construyó su propia metodología para identificar áreas funcionales con dobles umbrales de número mínimo de flujos laborales e importancia relativa en función del tamaño del municipio emisor; y FERIA & ALBERTOS (2010) introdujeron las migraciones intraurbanas como elemento de vinculación territorial. Dentro de esta misma familia de identificación de núcleos se inscribe el trabajo de ROCA & *al.* (2009, 2011 y 2012) basado en el análisis de los flujos, cuya principal novedad radica en un proceso de identificación de abajo-hacia-arriba, según el cual, las zonas se unen entre sí en función de su vinculación bidireccional, y luego, se identifica el núcleo como aquél que mayor relación guarda con las demás: es decir, primero se identifica el *hinterland* y luego el núcleo que lo cohesiona.

La polinucleación, identificada con criterios morfológicos o funcionales, ha sido, como se ha visto, el derrotero que ha seguido la mayor parte de estudios en nuestro país, relegando algo que parece evidente: las partes constituyentes de un sistema territorial deben interactuar entre sí para ser considerado como tal. Como indican UREÑA & *al.* (2013):

«Se considera policentrismo a algo más que la presencia de varios polos/centros en un sistema difundido de asentamientos, debiendo existir in-

terdependencias relevantes entre dichos polos/centros junto con una capacidad de influencia en su entorno».

Precisamente en esta línea se inscribe el presente trabajo, en el cual se intenta:

1. Identificar la estructura urbana, entendida ésta como el nivel de *polinucleación*, y por tanto, la configuración de las áreas metropolitanas compuestas por diferentes subsistemas urbanos, cada uno liderado por un núcleo o subcentro¹.
2. Mensurar el nivel de intervencionalidad funcional o *policentricidad* entre los diferentes subsistemas constituyentes de un área metropolitana.
3. Aunar la polinucleación y policentricidad para sentar las bases de una medida integrada de policentrismo.

Se parte de la tesis de que un sistema urbano policéntrico es aquél estructurado en varios (poli) centros que interactúan, tanto con su entorno inmediato (formando subsistemas) como entre ellos (estableciendo relaciones de complementariedad). No basta, por tanto, que haya múltiples núcleos, sino que también es necesario que exista una evidente relación entre los mismos, para alcanzar los objetivos perseguidos por la política territorial.

Asimismo, el objetivo ulterior consiste en:

4. Identificar el papel que juegan los factores urbanísticos, el mercado de trabajo y las infraestructuras, en la intervencionalidad funcional de estos territorios.

El resto del artículo se estructura de la siguiente forma: en la segunda parte, se revisan las principales tradiciones en el estudio empírico del policentrismo; seguidamente, se discuten los métodos que intentan superar la mensuración de la polinucleación para llegar a la policentricidad funcional; como cuarto punto, se explicita la metodología, los datos y los casos de estudio; en la quinta y sexta parte, se discuten, respectivamente, los resultados de los análisis emprendidos en relación a la mensuración del policentrismo y de los factores que subyacen en la explicación de la policentricidad; y finalmente en las conclusiones, se pone en perspectiva el trabajo realizado.

¹ Aunque parece reduccionista y pudiera pensarse que en un mismo subsistema urbano, de los muchos que conforman las áreas metropolitanas, pueden coexistir más de un subcentro, en la práctica, la metodología utilizada en este artículo, y que se describe más adelante, previene este

hecho. De manera que en una primera iteración, los subsistemas tienen un núcleo predominante que los estructura, si bien, si se indaga un poco, pueden aparecer municipios con un poder estructurante subsidiario que eventualmente, podrían ser núcleos de segundo orden.

2. Las tradiciones en el estudio de la polinucleación

Dejando de lado los estudios teóricos e históricos sobre las razones que explican la existencia de paisajes policéntricos (ver una revisión de los mismos en MARMOLEJO & *al.*, 2012), la literatura empírica del policentrismo ha forjado dos tradiciones de estudio claramente diferenciadas: una basada en la identificación de subcentros o núcleos, y otra basada en la caracterización de las estructuras territoriales a partir del análisis del número, disposición espacial e importancia de los núcleos, y por tanto, centrada en la caracterización de la polinucleación.

2.1. La identificación de subcentros

Esta tradición de estudios empíricos se ha subdividido, a su vez, en una corriente basada en el análisis morfológico, y otra en la identificación de nodos dentro de una red, y por ende, funcional.

Quizá por facilidad, a escala territorial, y por su coherencia con la teoría fundacional de la economía urbana en la escala urbana, el análisis de la densidad (morfológico) ha sido el más utilizado en la caracterización de la estructura territorial y urbana.

Desde una perspectiva territorial, se ha entendido que el tamaño y densidad de los centros urbanos es significativo de la cantidad de equipamientos, servicios especializados e infraestructuras que generan tensiones territoriales que dotan a dichos centros de un carácter polarizador (PILLET & *al.*, 2010). Se podría decir que estos métodos se afilian a una postura *christalleriana*² claramente emparentada con la teoría del lugar central, la cual asume que los centros menores quedan necesariamente relegados a un plano subsidiario como puntos de provisión de servicios menos especializados, cuya demanda es más elástica, y por tanto, su *hinterland* menos extenso que aquél que generan los lugares centrales.

En cambio, desde una perspectiva urbana según la teoría de renta ofertada (O'SULLIVAN,

2011), la densidad está directamente correlacionada con la renta del suelo y, ésta a su vez, con el nivel de accesibilidad, entre otras cosas. De manera que cuanto mayor es la centralidad, mayor es el ahorro en costes de transporte, y por ende, mayor la disponibilidad a pagar por el suelo y, en consecuencia, la densidad edificada incrementa. Dicha teoría asume que los promotores inmobiliarios, basados en el principio de sustitución, para edificar una misma superficie de techo en zonas centrales en donde el suelo es caro, sustituyen el consumo de éste, por edificación en altura. De manera que, a pesar de que dicho tipo de edificación encarece sensiblemente su coste unitario (a partir de cierto número de plantas), el ahorro en el suelo no consumido es mucho mayor. En cambio, en las localizaciones periféricas, en donde el suelo es más barato, dicha compensación no ocurre, y por tanto, la configuración más ventajosa es la edificación horizontal. El proceso anterior acaba produciendo un gradiente de densidad (MILLS & HAMILTON, 1984), en donde los picos evidencian la existencia de centralidades. Sobre la base de este razonamiento ha aparecido una plétora de métodos de identificación de subcentros, en donde los más sofisticados identifican como núcleos a aquellas zonas con una densidad anormalmente mayor en relación a su posición respecto al centro del sistema urbano, y para ello, se basan en modelos econométricos espaciales (ver FIG.1)³.

La familia de métodos de identificación de subcentros basados en criterios funcionales es mucho más pequeña y está relacionada con la teoría de las redes de ciudades (BERRY, 1964; PRED, 1977; DEMATTEIS, 1985), contrapuesta, hasta cierto punto, a la del lugar central, en cuanto a que las relaciones jerárquicas quedan opacadas por la coexistencia de relaciones horizontales de complementariedad. Los métodos afiliados a estas metodologías, resumidos en la FIG.1, identifican como nodos aquellas zonas cuyas relaciones con el resto del territorio son capaces de darle cohesión y estructura, y para ello, se basan en análisis cuantitativos de los flujos, generalmente laborales, entre las diferentes zonas. Una de las ventajas de esta segunda familia de métodos es que los flujos parecen adaptarse mejor a los cambios en las dinámicas urbanas en relación a la densidad.

² De hecho, el trabajo de CHRISTALLER (1933) es más profundo que lo aquí dicho, puesto que distingue entre el concepto de centralidad y nodalidad. El primero, es la importancia del lugar en función de su capacidad de exportar bienes y servicios al *hinterland*, mientras que el segundo, está relacionado con la importancia derivada del consumo interno de la propia población del lugar. Sin embargo, con

el paso del tiempo, dicha distinción se ha ido simplificando hasta converger en la agregación de ambos conceptos en uno.

³ Para un análisis del estado del arte en este sentido pueden revisarse las revisiones recientes de BOIX & TRULLÉN (2012); MARMOLEJO & CERDA (2011); MARMOLEJO & *al.* (2013).

Fig. 1/ Síntesis del estado del arte en la identificación de núcleos

Identificación de núcleos basados en la densidad		
Subgrupo	Criterio	Principales aplicaciones
Identificación de picos de empleo	Identificación de zonas con densidades de empleo significativamente diferentes a las de su entorno.	MCDONALD (1987); GORDON, RICHARDSON & WONG (1986); MCDONALD & McMILLEN (1990); CRAIG & NG (2001)
Umbrales	Identificación de la zona que superan simultáneamente un umbral de masa crítica y otro de densidad, en ambos casos de empleo.	GIULIANO & SMALL (1991); CERVERO & WU (1997); McMILLEN & MCDONALD (1997); BOGART & FERRY (1999); ANDERSON & BOGART (2001); SHEAMUR & COFFEY (2002); HALL & PAIN (2006); GIULIANO & READFEARN (2007); GARCÍA-LÓPEZ (2007, 2008); MUÑIZ & GARCÍA-LÓPEZ (2009); GALLO, GARRIDO & VIVAR (2010)
Paramétrico	Identificación de zonas con residuos significativamente positivos en un modelo en donde la variable explicada es la densidad de empleo y la explicativa es la distancia al centro principal.	MCDONALD & PRAHTER (1994); RUIZ & MARMOLEJO (2008); ROCA, MARMOLEJO & MOIX (2009); AGUIRRE & MARMOLEJO (2010)
No paramétrico	Como el anterior, pero considerando las especificidades locales del espacio bidimensional mediante el uso de la regresión geográficamente ponderada.	McMILLEN (2001a); CRAIG & NG (2001); RADFEARN (2007); SUÁREZ & DELGADO (2009)
Identificación de núcleos basados en la densidad		
Grupo	Criterio	Principales aportaciones/aplicaciones
Raio viajes/empelo	Identificación de áreas que atraen significativamente más viajes que otras una vez controlado el número de empleos.	GORDON, RICHARDSON & GIULIANO (1986); GORDON & RICHARDSON (1996)
Modelos de interacción espacial	Identificación de áreas cuyos flujos atraídos son superiores a los predichos por un modelo gravitatorio que controla la masa de la zona atractora y emisora y la distancia que las separa.	CAMAGNI (1994); TRULLEN & BOIX (2000)
Subsistemas	Identificación de las zonas que estructuran subsistemas funcionales, entendidos por éstos el conjunto de zonas unidas por altos valores de interacción (VI). El VI es la fuerza de unión bidireccional entre dos zonas calculada a partir de los flujos entre ellas una vez contralada su masa.	ROCA & MOIX (2005); ROCA, MARMOLEJO & MOIX (2009); ROCA, ARELLANO & MOIX (2011)

Fuente: elaboración propia con base en UREÑA & al. (2013).

La ciudad, es sobre todo, capital fijado, y por tanto, tremendamente inelástica en cuanto a su adaptación formal a los continuos cambios sociales, hecho, si cabe, reforzado por el planeamiento urbanístico (ROCA, 1988) y por la justificada necesidad de preservar nuestro patrimonio edificado. En definitiva, parece evidente que la densidad es más rígida que no la movilidad de las personas.

El principal problema de ambas aproximaciones ha sido su progresiva incapacidad para explicar la aparición de sistemas polinucleados (ANAS & al., 1998), ya que ambas fueron concebidas en un escenario minimalista, que más por sencillez, que no por adecuación a la realidad, asumieron la existencia de un sistema monocéntrico, tanto a escala territorial como urbana. Ante este nuevo paradigma, la con-

ceptualización de las economías de desaglomeración (por ejemplo, costes de congestión), antagónicas de aquéllas de aglomeración, ha permitido, desde la así llamada «Nueva Economía Urbana», explicar con relativa sencillez la compatibilidad entre la teoría de la renta ofertada y la aparición de subcentros. Es decir, la aparición de paisajes polinucleados y dispersos, en donde el centro original pierde fuerza ante una periferia más potente en un proceso de descentralización estudiado seminalmente a escala metropolitana por VAN DEN BERG (1982) y HALL (1984). Sin embargo, la polinucleación no sólo proviene de procesos de descentralización, sino también de expansión de antiguos núcleos independientes (CHAMPION, 2001). Efectivamente, el abaratamiento de los costes de transporte (por ejemplo, la reducción del consumo energético y temporal) favorecido por la innovación tecnológica, ha permitido la fusión de mercados de trabajo (y de consumo de bienes y servicios) antiguamente independientes, a través de su expansión espacial.

2.2. La caracterización de la polinucleación

Una vez identificados los subcentros, el camino natural hacia la caracterización de los sistemas urbanos pasa por la mensuración del nivel de polinucleación o multicentricidad. En dicho camino, la «topografía», es decir, el número de núcleos, su importancia relativa como concentraciones demográficas o económicas, y su distribución espacial, son paradas obligatorias. Estas variables permiten dictaminar el nivel de polinucleación de acuerdo con algunas características paradigmáticas de los sistemas policéntricos:

- KLOOSTERMAN & MUSTERD (2001) han señalado que un sistema policéntrico debe estar basado en un conjunto de ciudades con trayectorias históricas distintas, en donde no existe ninguna dominante, y todas ellas tienen un tamaño similar.
- PARR (2004) añade la necesidad de que dichos núcleos estén espaciados entre sí, y por tanto, que tengan una distribución espacial con intersticios territoriales de por medio.
- SPIEKERMANN & WEGENER (2004) señalan que la relación entre el rango-tamaño debe seguir una función semilogarítmica, en donde la horizontal es significativa de núcleos de igual tamaño, y por ende, equipotenciales. Aproximación, ésta, claramente alineada a la tradición *zipfiana*.

Así, siguiendo a dichos autores, un paisaje utópicamente polinucleado, debería ser aquél configurado por un conjunto de centros, dispuestos de una forma uniforme en el territorio, en el cual no puedan adivinarse con facilidad las relaciones de jerarquía en virtud de su importancia como centros de concentración demográfica o económica. En esta línea, y más específicamente en la mensuración de la polinucleación basada en la Ley de Zipf, se han inscrito trabajos como los del proyecto POLYNET (HALL & PAIN, 2006), MEIJERS (2008), BURGER & MEIJERS (2012); u otros basados en la complejidad de la distribución de las variables demográficas/económicas entre las zonas constituyentes de los sistemas urbanos como los de ROCA & *al.* (2011) o MASIP & ROCA (2012); o aquéllos incluso basados en la distribución espacial de los núcleos como los trabajos de TSAI (2005) o del proyecto ESPON 1.1.1 (2004).

Publicaciones recientes en el campo del policentrismo proponen la cualificación de la polinucleación del área metropolitana de Madrid siguiendo criterios novedosos. MARTÍNEZ & *al.* (2014) proponen una metodología para identificar ciudades-límite mediante la combinación de tres indicadores de accesibilidad de la red vial: la medida del contorno, la accesibilidad potencial a las redes urbanas, y la evaluación de la competencia. El resultado es la caracterización de los polos de desarrollo en cuanto al balance en la atracción y emisión de empleo y residentes. Por su parte, SOLÍS & *al.* (2014) proponen una distinción entre las ciudades metropolitanas con un papel tradicional en la intermediación y las ciudades intermediarias metropolitanas con altas concentraciones de servicios avanzados para la producción (APS por sus siglas en inglés). Finalmente, ROMERO & *al.* (2014) toman en cuenta la siguiente tipología: grandes metrópolis, nuevos centros de empleo (suburbanización intrametropolitana), y ciudades históricamente administrativas (articulación suprametropolitana); encontrando una selectiva aglomeración espacial de los servicios empresariales intensivos en conocimiento (KIBS) propiciada por la proximidad a la metrópolis, y en segunda medida, por las condiciones económicas y estructurales de ciertas ciudades en la escala suprametropolitana.

Otros enfoques de corte cualitativo han sido utilizados para la caracterización de casos de polinucleación más incipientes en diferentes áreas metropolitanas españolas. Es el caso de RODRÍGUEZ & CARRERO (2013) para Ciudad Astur, en torno a la ciudad asturiana de Oviedo; DE COS & DE MEER (2013) para el conjun-

to cantábrico Santander-Torrelavega; DE LAS RIVAS & *al.* (2013) para el Corredor del Pisuerga entre las ciudades de Valladolid y Palencia; FONT (2013) en el ámbito del Camp de Tarragona; y MARTÍN & *al.* (2013) para la estructura de integración fronteriza «eurociudad vasca», entre la ciudad española de San Sebastián y la ciudad francesa de Bayona.

3. La medición de la policentricidad

En un intento por superar los indicadores estrictamente formales y/o cualitativos orientados a la mensuración de la polinucleación, ha aparecido una literatura especializada en el estudio de las relaciones entre los núcleos, y por tanto, encaminada a la mensuración de la policentricidad. En este sentido, cuanto más diversa (por ejemplo, multidireccional), bidireccional (por ejemplo, recíproca) y densa (por ejemplo, complementaria o no autocontenida/autosuficiente) es la red de flujos, mayor es la policentricidad. Dicha conceptualización de la policentricidad resulta más próxima al concepto de policentrismo de la Estrategia Territorial Europea (ETE), el cual presupone que este tipo de desarrollo refuerza la economía propia de los núcleos a través de la habilitación de economías-red (BOIX & TRULLÉN, 2012), complementarias a las de aglomeración presentes en el seno de las concentraciones de actividad económica.

Algunos autores como BOIX (2002); LIMTANAKOOL & *al.* (2007 y 2009); BURGER & MEIJERS (2012); GALLO & GARRIDO, (2012), o VIÑUELA & *al.* (2012), se han centrado en la construcción de indicadores basados en los flujos, tales como los índices de centralidad interna, interacción relativa, dominancia, entropía de los flujos y simetría. Otros, han controlado el tamaño de los centros y su separación mediante modelos de interacción espacial como el trabajo de GOEI & *al.* (2010). Dicho esfuerzo ha pretendido, por tanto, superar la simplificación de las aproximaciones morfológicas en las que la interacción entre las partes se da por asumida, aunque en absoluto está garantizada, ni siquiera por la proximidad, ya que dos zonas autosuficientes en la provisión de cualquier servicio, no entran en interacción entre sí por muy cerca que esté una de la otra, como de hecho lo han comprobado empíricamente LAMBOOY (1998) y ALBRECHTS (2001). Más en el fondo aún, una distribución espacial de núcleos balanceados, por lo que a su tamaño se refiere, no implica la existencia de una pluralidad de conexiones entre ellos (BURGER & MEIJERS, 2012).

Dentro de esta familia de indicadores basados en flujos, destaca la aportación de GREEN (2004, 2005 y 2007), quien recupera la teoría de grafos utilizada en geografía (HAGGET, 1965; CHORLEY & HAGGETT, 1967, y TINKLER, 1977), según la cual las regiones pueden entenderse conformadas por ciudades que hacen las veces de nodos en una red cuyos vértices permiten establecer relaciones de complementariedad de personas, materia, energía e información. Dicha conceptualización permite incorporar:

- a) Aspectos de la topografía de la región (por ejemplo, el número de los nodos o zonas) y,
- b) El nivel de intervencionalidad (diversidad, bidireccionalidad y complementariedad).

Por tanto, Green entiende que éste es el marco adecuado para analizar lo que denomina «policentricidad funcional». De manera que diferentes topografías (posición de los nodos o zonas), pueden tener la misma topología (forma e intensidad de conexión entre ellos), lo cual resulta de enorme utilidad cuando el indicador derivado se utiliza para comparar sistemas urbanos con condiciones territoriales distintas o de escala diferente como ocurre en este artículo.

Como todo sistema, el número de intervencionalidades puede ser importante y la dificultad de implementación del indicador de policentricidad funcional estriba no tanto en la complejidad de cálculo, sino sobre todo, en la falta de información. Así, la intervencionalidad podría medirse mediante flujos financieros, correos electrónicos, compras *on line*, llamadas telefónicas, flujos de compradores, viajes por motivos de ocio, de servicios médicos o para visitar amistades, y naturalmente, de tipo laboral.

Para Green (*op. cit*) basta que haya más de un nodo o zona en el sistema, y que existan enlaces de intervencionalidad, para que se pueda calcular la policentricidad funcional. El desarrollo teórico del índice de policentricidad funcional puede consultarse en las publicaciones originales (HALL & PAIN, 2006; GREEN, 2007), aquí simplemente nos limitaremos a decir que los pasos que implica su cálculo, en el caso de la movilidad laboral, son los siguientes:

1. En primer lugar se calcula la densidad de interacción de la red en términos de *commuting* Δ_c de la siguiente manera:

$$\Delta_c = \frac{L}{L_{\text{máx}}} \quad (1)$$

donde L es el número total de flujos o movimientos de personas ocupadas entre los distintos nodos/zonas en el sistema urbano (área metropolitana en nuestro caso); y $L_{\text{máx}}$ es la diferencia entre el total de la población que trabaja en el sistema y la población ocupada residente (POR) de la zona más pequeña⁴.

- Con la densidad de la red anterior, se calcula el índice específico de policentricidad de la *in-commuting* o de flujos de entrada a cada zona (*PSF-IC*) de la siguiente manera:

$$P_{SF-IC} = 1 - \frac{\sigma_{IC}}{\sigma_{IC \text{ máx}}} \Delta_c \quad (2)$$

donde σ_{IC} es la desviación estándar de los flujos de llegada de las zonas analizadas, mientras que $\sigma_{IC \text{ máx}}$ es la desviación estándar entre el mayor de los flujos de entrada y cero (puesto que se pone en referencia al grado nodal de la red más simple con dos nodos, en donde el primero adopta el valor de cero y el segundo el que más flujos de entrada recibe).

De idéntica manera se calcula el índice específico de policentricidad del *out-commuting* o flujos de salida (*PSF-OC*):

$$P_{SF-OC} = 1 - \frac{\sigma_{OC}}{\sigma_{OC \text{ máx}}} \Delta_c \quad (3)$$

- A continuación, y como paso previo para calcular el índice general de policentricidad funcional, hace falta calcular un modificador de complementariedad ϕ (fi), puesto que el total de la POR equivale al total de los lugares de trabajo localizados (LTL), ya que sólo se tienen en cuenta los flujos que inician y terminan dentro del sistema metropolitano, y en consecuencia, los índices específicos resultan complementarios. Dicho modificador se calcula de la siguiente manera:

$$\phi = 1 - \sigma \left(\frac{\sigma_{OC}}{\sigma_{OC \text{ máx}}}, \frac{\sigma_{IC}}{\sigma_{IC \text{ máx}}} \right) \quad (4)$$

- Como paso final, se calcula el índice general de policentricidad PGF (en sus siglas inglesas) a través de una media de los índices específicos de los flujos de entrada y salida ponderados en la medida que resultan complementarios de la siguiente manera:

$$P_{GF} = \frac{\phi \cdot P_{SF-IC} \cdot P_{SF-OC}}{2} \quad (5)$$

Nótese que el indicador se construye con los flujos entre las zonas, sin considerar aquéllos que se quedan dentro de ellas. Esto es coherente con el concepto primigenio christalleriano de centralidad y nodalidad. Para CHRISTALLER (1933), la centralidad de un lugar viene dada por la capacidad para atraer flujos (en su caso consumidores de bienes y servicios), mientras que la nodalidad por su capacidad para satisfacer la demanda interna, y por tanto, queda representada por quienes viven y consumen en la misma zona; si bien en la práctica la nodalidad se ha asimilado al tamaño del núcleo. Luego podría decirse, que un sistema paradigmáticamente polinuclear, sería aquél en donde el tamaño de los núcleos es similar y por tanto, ninguno domina morfológicamente, mientras que uno paradigmático en cuanto a su policentricidad, se caracterizaría por una red diversa, bidireccional y densa en la cual ningún centro monopoliza los flujos que recibe o emite (BURGER & MEIJERS, 2012).

Como se ve, a partir de su formulación matemática, el índice general de policentricidad funcional adopta valores comprendidos entre 0 y 1. Si se aproxima a cero, indica que el sistema tiende al monocentrismo funcional, con un centro importante en términos de empleo, y que además, monopoliza el destino de los flujos de trabajadores de otras zonas. Si el indicador se aproxima a la unidad, significa que el sistema tiende hacia la policentricidad funcional, puesto que existe un reparto más «democrático» o plural de los flujos entre las zonas, es decir, no hay zonas que dominen como destinos, ni otras que queden rezagadas y por ende aisladas.

HALL & PAIN (2006) han encontrado, a partir de flujos laborales, que dicho indicador va en la práctica de 0,02 a 0,19. En su investigación, basada en el análisis de la intervinculación de las Regiones Urbanas Funcionales (FUR por sus siglas en inglés) que conforman las ocho megaciudades regionales europeas estudiadas por ellos⁵, París es la menos intervinculada, mientras que RhineRuhr y el Randstad son las más intervinculadas y por tanto, las que más alto índice de policentricidad tienen, tal y como lo sugiere el sentido común.

⁴ Esto, en teoría, representa el número de personas del sistema que podrían viajar al municipio más pequeño, sin incluir su propia población.

⁵ Sureste de Inglaterra, La Región de París, Bélgica Central, Randstad, RhineRuhr, Rhine-Main, EMR Norte de Suiza y el Gran Dublín.

4. Metodología, casos de estudio y datos utilizados

Uno de los aspectos relevantes del cálculo de la policentricidad funcional es que las zonas cuya intervenculación se estudia deben ser semejantes y, por tanto, comparables entre sí.

«The important thing is that the nodes in the network under examination are of approximately the same scale. Thus, while it would therefore be possible in principle, to compare the polycentricity of a network of regional business links, the disparate nature of two such networks would actually make such a comparison all but meaningless» (GREEN, 2007: 2089).

Desafortunadamente, en el caso español, como en tantos otros, las unidades espaciales con las que los datos de movilidad están provistos no son comparables entre sí. Puesto que las dinámicas urbanas locales traspasan con claridad los límites municipales, especialmente en los continuos urbanos centrales, y en los corredores que se forman radialmente en las periferias metropolitanas a lo largo de depresiones y ejes viarios. Luego, un paso previo para poder analizar la policentricidad de nuestras ciudades estriba en encontrar las fronteras espaciales de dichos ámbitos locales. BURGER & MEIJERS (2012) utilizan en su estudio en los Países Bajos, ámbitos supralocales de prestación de servicios mancomunados. Solución que no parece en absoluto convincente, puesto que se basa en la voluntad política de establecer lazos de cooperación interadministrativa, a pesar de que en la práctica, según dichos autores, arroja entidades territoriales coherentes⁶.

Para solventar este escollo, en este artículo hemos utilizado el método de integración municipal basado en el valor de interacción propuesto por ROCA & al. (2012), ya que resulta muy adecuado a nuestros intereses porque:

1. se basa en el análisis de los flujos laborales por pares de municipios y por tanto, es coherente con la búsqueda de las fronteras de los sistemas locales;

2. considera las relaciones bidireccionales centro-periferia y consecuentemente es capaz de aprehender la complejidad de la movilidad contemporánea,
3. prescinde del establecimiento de umbrales arbitrarios de flujos en términos absolutos o relativos como suele ocurrir en la mayor parte de los métodos para detectar FUR.

Dicho método permite encontrar subsistemas urbanos dentro de las áreas metropolitanas tales que resulten autocontenidos en un 50%⁷, es decir, al menos la mitad de las personas ocupadas que viven en los municipios que los constituyen trabaja en algún municipio del mismo subsistema. Los autores explican cómo, a través del mismo valor de interacción calculado entre subsistemas, es posible encontrar áreas metropolitanas, y por coherencia, en este artículo así se han delimitado las ciudades reales de estudio.

Por tanto la metodología ha consistido en:

1. Detectar subsistemas funcionales mediante el método de ROCA & al. (*op. cit.*).
2. Detectar áreas metropolitanas como la integración de subsistemas funcionales tal como lo hacen MARMOLEJO & al. (2013).
3. Calcular el nivel de intervenculación funcional entre los diferentes subsistemas a través del indicador de policentricidad funcional de GREEN (2007).

Una vez calculado dicho indicador, los resultados han sido contrastados con aquéllos publicados por MARMOLEJO & al. (2012) por tal de comparar las diferencias entre la polinucleación y la policentricidad de nuestros principales sistemas urbanos; y mediante el concurso de ambas, sentar las bases para la construcción de un indicador de policentrismo.

Es importante mencionar que el indicador de policentricidad funcional ha sido recalculado hacia el interior de cada subsistema funcional (partiendo del municipio como unidad de análisis) con el objetivo de analizar, mediante un modelo de regresión, los factores urbanísticos y territoriales que propician la intervenculación funcional.

⁶ Estudios más recientes, como el de REQUES & DE COS (2013), abordan la problemática de la definición y delimitación de los espacios urbanos y metropolitanos mediante la implementación de un gradiente rural-urbano, partiendo de la crítica al modelo binario, según el cual el espacio metropolitano se compone de dos estructuras antagónicas, y defendiendo que en cambio, éste se encuentra provisto de condiciones más complejas que lo llevan a soportar límites difusos entre el campo y la ciudad. El gradiente, calculado al nivel de las 61.578 entidades de población en

toda España, se alimenta de indicadores territoriales, demográficos, económicos y socioeducativos, y de su relación con el grado de urbanización (o ruralización).

⁷ Si se quiere, este es el único parámetro «administrativo» cuya variación podría hacer variar el tamaño de los subsistemas consolidados. Sin embargo, según sus autores, el 50% responde a un análisis de sensibilidad, cuyos resultados arrojan ámbitos que cualitativamente son considerados ciudades reales dentro de las metrópolis.

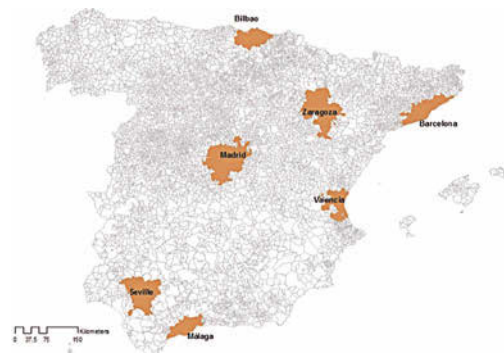
Las áreas de estudio son las que se recogen en la FIG. 2 y abarcan los grandes sistemas urbanos en España, con excepción del área metropolitana asturiana (Oviedo, Gijón y Avilés) y valenciana (Alicante y Elche), cuya población en ambos casos estaría por encima de la del sistema urbano de Málaga. Sin embargo, dichas ciudades no alcanzan a conformarse como áreas metropolitanas antes del valor de interacción 1/1.000, a diferencia de las siete áreas aquí analizadas⁸; aunque su inclusión en un estudio posterior sería interesante, puesto que su polinucleación no es una evolución de un estadio primigenio monocéntrico.

Las fuentes de información utilizadas son:

1. En términos demográficos y de movilidad obligada residencia-trabajo, el Censo de Población y Vivienda del año 2001⁹.
2. En términos de datos relacionados con el consumo y uso del suelo, el Corine Land Cover 2000.
3. En términos de infraestructuras, la red viaria de Tele Atlas del año 2001 y la red de estaciones y apeaderos de RENFE y otras operadoras regionales de servicios ferroviarios supramunicipales.
4. La matriz de distancia óptima entre municipios y subsistemas, calculada a partir de los datos del punto anterior con la ayuda de un SIG específico de transporte¹⁰.
5. El Modelo Digital del Terreno, con una resolución de 1 pixel = 80 × 80 metros, que ha permitido construir indicadores topográficos.

5. La polinucleación y la policentricidad en el sistema urbano español

Como se ha dicho, la mayor parte de los estudios del policentrismo en nuestro país se han centrado en el análisis de la polinucleación. Ya sea que los métodos de análisis se hayan ba-



	Municipios	Suelo artificializado (km ²)	LTL	Población	Densidad global (LTL + POB/ km ²)
	a	b	c		=(b+c)/a
Madrid	183	860	2.446.400	5.542.843	9.291
Barcelona	184	745	1.903.867	4.530.164	8.636
Valencia	104	308	686.247	1.792.375	8.046
Sevilla	52	237	447.849	1.381.531	7.719
Bilbao	123	112	445.666	1.231.367	15.024
Málaga	32	194	336.525	994.984	7.032
Zaragoza	88	127	301.860	724.335	8.066

FIG. 2/ Principales magnitudes de las áreas metropolitanas estudiadas

Fuente: MARMOLEJO & al. (2013).

sado en criterios morfológicos, como el análisis de los patrones espaciales de densidad de empleo, funcionales como la detección de nodos que tienen especial relevancia en la atracción de flujos, o cualitativos basados en los perfiles de los municipios, el destino común de dichos estudios ha sido la identificación del nivel de polinucleación.

Los datos de la FIG. 3 dejan ver que los sistemas más polinucleados, por lo que se refiere al número de núcleos y su importancia relativa en términos de concentración del empleo metropolitano, son, siguiendo el criterio funcional de identificación de subcentros, por este orden: Barcelona, Valencia, Bilbao, seguidos de

⁸ El procedimiento de consolidación de áreas metropolitanas a partir de subsistemas, consiste en la construcción de árboles jerárquicos, en donde los subsistemas se van uniendo entre sí en virtud del valor de interacción (VI) que los relaciona. De esta forma, todos los subsistemas de España siguen este proceso de integración, si se analiza dicho proceso mediante un gráfico de sedimentación es posible observar que entorno al VI 1/1.000 se alcanza una estabilización, es decir, la integración de nuevos subsistemas requiere de muchas más iteraciones a las que previamente se habían requerido antes de dicho umbral. Precisamente por esta razón, se delimitan de esta forma las áreas metropolitanas estudiadas aquí, que resultan ser 7

y no más, y con la exacta extensión territorial con la que se presentan. Ahora bien, el árbol jerárquico hispano está naturalmente encabezado por el sistema funcional de Madrid y abarca el conjunto de subsistemas que cubren todo el territorio español.

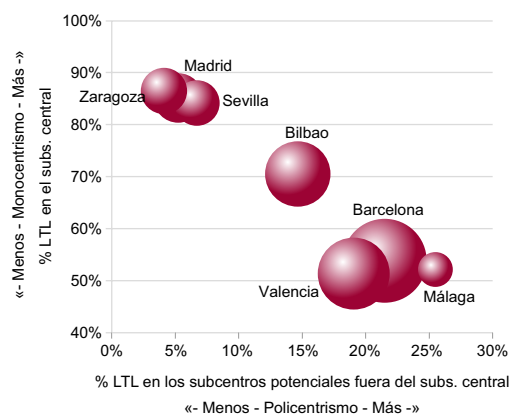
⁹ No hemos considerado conveniente la inclusión del Censo del 2011, ya que su naturaleza de encuesta, y no de censo, no permite comparar las matrices de movilidad laboral, máxime cuando se incluyen municipios muy pequeños.

¹⁰ En concreto se ha utilizado TransCAD como vía para identificar los recorridos viarios que minimizan el tiempo de viaje entre los diferentes núcleos poblacionales, teniendo en cuenta la densidad de la red.

lejos por Madrid, Sevilla y Zaragoza¹¹. Málaga es un caso muy especial, porque teniendo pocos núcleos, estos concentran una significativa cantidad de actividad económica, con lo que dicha metrópoli tendería más hacia la equipotencialidad, debido a la presencia de importantes núcleos terciarios como Marbella y servoindustriales como Torremolinos o Fuengirola que rivalizan con la ciudad central.

Sin embargo, la polinucleación también puede analizarse desde otra lectura referida al peso del subsistema central¹², en tanto que un sistema urbano macrocefálico tendría una parte importante del empleo en su centro, relegando al resto de los subcentros a un papel secundario. En este orden de ideas, es posible ordenar los sistemas urbanos en función de la importancia relativa de su centro principal, a resultados de lo cual, Zaragoza sería el sistema más macrocefálico, seguido de Madrid y Sevilla; en un segundo grupo estarían Bilbao, Barcelona, Málaga y Valencia, que sería aquel con un centro menos importante en relación al conjunto metropolitano.

Si ambas formas de leer la estructura urbana se ordenan en un plano cartesiano emerge la imagen de la FIG. 3, en donde con meridiana claridad se observan dos familias de sistemas metropolitanos. La primera, formada por Zaragoza, Madrid y Sevilla, en las cuales el centro tiende a dominar en detrimento del número y peso específico de los subcentros, y la segunda, conformada por Barcelona, Valencia, Bilbao y Málaga, en la cual ocurre exactamente lo contrario, el centro tiene una menor entidad, frente a un mayor número de núcleos y peso económico de los mismos. Empero no puede decirse que la polinucleación sea perfecta o equipotencial, puesto que en el mejor de los casos, como en Valencia, el centro más pequeño computa por el 47% de la actividad económica frente al 1,16% del peso específico de cada uno de sus subcentros de media.



El tamaño de la esfera es significativo del número de subcentros.

Metrópoli	LTL	Polinucleación			
		LTL en el subs. central (%)	Subcentros potenciales fuera del subs. central	LTL en subcentros potenciales fuera del subs. central (%)	Población en subcentros potenciales fuera del subs. central (%)
Madrid	2.446	85%	8	5%	6%
Barcelona	1.904	54%	23	21%	22%
Valencia	689	52%	17	19%	19%
Sevilla	448	84%	7	7%	9%
Bilbao	438	71%	14	15%	15%
Zaragoza	302	87%	7	4%	4%
Málaga	367	52%	4	25%	16%

Fig. 3/ Nivel de polinucleación de los sistemas urbanos en España 2001

LTL= lugares de trabajo localizado en miles de personas.
Fuente: Adaptado de MARMOLEJO & al. (2013).

Por tanto, el paradigma equipotencial continua siendo de momento una utopía en el sistema urbano español, denotando nuestras metrópolis un fuerte componente monocéntrico, o al menos, rastros de la unión de centros originalmente independientes, que gracias al incremento y expansión espacial de la movilidad, se han integrado entre sí en el decurso de las últimas décadas. La polinucleación es, en definitiva, un fenómeno incipiente, y más anclado en

¹¹ Los subsistemas funcionales utilizados en el presente estudio, y que se pueden visualizar en la FIG. 7, fueron tomados del trabajo de ROCA & al. (2012). Al respecto, es importante percatarse de que el subsistema central reúne, en el caso de Madrid, los 75 municipios más cercanos y con quienes por supuesto, mantiene las relaciones funcionales bidireccionales más intensas. Éste concentra el 85% de los LTL del sistema metropolitano y contiene entre otros, a los municipios de Alcobendas, Pozuelo de Alarcón, Getafe, Las Rozas de Madrid, San Sebastián de los Reyes, Leganés, Tres Cantos, Coslada, Fuenlabrada, Alcorcón y Móstoles. Si estos municipios se analizasen desde una perspectiva estrictamente morfológica, o únicamente observando el porcentaje de trabajadores que atraen, podrían emerger en algunos casos como subcentros, como de hecho ocurre en el trabajo de MARMOLEJO & al. (2013b). A manera de contraste, el subsistema cen-

tral de Barcelona agrupa tan sólo 18 municipios con el 54% de los LTL de todo el sistema metropolitano, dando claros indicios de macrocefalia ejercida por el subsistema central sobre el conjunto de su sistema metropolitano, sobrepasado ampliamente por el subsistema de la capital española sobre el suyo. En ambos casos, como es bien sabido, el municipio central es fruto de la agregación de entidades administrativas independientes en su pasado inmediato. Más en el caso de Madrid que de Barcelona, aunque en esta última no se debe olvidar que el municipio original, antes de 1714, ocupaba todo el llano preitoral, equivalente a una veintena de los actuales municipios.

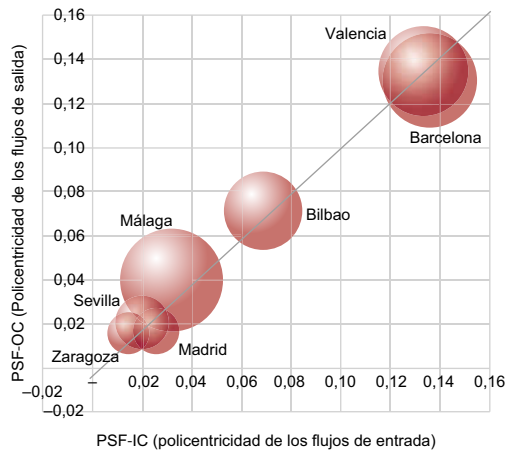
¹² El subsistema central es el área que agrupa a los municipios vinculados funcionalmente con el municipio capital de cada área metropolitana, y que se consolida en los términos de ROCA & al. (2012) (contigüidad física y autocontención >50%).

la integración de centros preexistentes que en la aparición de nuevos como fruto del proceso de descentralización espontánea o planificada como ha sido discutido por CHAMPION (2001)¹³, aunque algunos de los subcentros identificados pueden considerarse claramente emergentes¹⁴.

Resulta interesante observar cómo el tamaño del sistema metropolitano tiene poca o nula influencia en el número de núcleos, puesto que Madrid y Barcelona, que son muy similares en cuanto a su población y número de municipios, se encuentran en extremos opuestos, tanto como Málaga en relación a Zaragoza. En cambio, la matriz territorial sobre la que descansan los sistemas urbanos parece tener una influencia en la polinucleación, como resulta evidente en el caso de Barcelona y Bilbao, en donde los núcleos siguen los valles o se distribuyen a lo largo de las cuencas hídricas.

Hasta ahora se ha analizado la estructura formal, aunque con criterios de delimitación funcional, de los principales sistemas urbanos. Hace falta comprobar hasta qué punto las partes constituyentes de los mismos interactúan entre sí, y por tanto, si existe una correlación entre la polinucleación y la policentricidad funcional. La FIG. 4 detalla el resultado de aplicar los indicadores de Green de policentricidad funcional, tanto a nivel general como específico, para las entradas y salidas de flujos de trabajadores.

Como se ve en dicha FIG. 4, Barcelona y Valencia destacan como los sistemas con la mayor policentricidad de cuantos se han estudiado. Bilbao queda en una posición intermedia y Málaga se acerca más al grupo de los sistemas urbanos con el menor nivel de policentricidad constituido, en este orden, por Zaragoza, Sevilla y Madrid. Por tanto, Málaga, si bien tiene una estructura polinucleada que avanza hacia la equipotencialidad en cuanto al peso de actividad económica de sus núcleos, está muy lejos de las ciudades en donde los subsistemas denotan la mayor intervencionalidad laboral entre sí. En cambio, puede decirse que Zaragoza, Sevilla y Madrid pertenecen a las ciudades menos policéntricas, tanto por lo que se refiere a su escaso nivel de policentricidad como polinucleación.



El tamaño de las esferas es representativo del % de LTL en los subcentros.

AM	Núcleos	Autocontención	% LTL en subcentros	P _{SF-IC} (entrada)	P _{SF-OC} (salida)	P _{GF}
Madrid	9	94%	5%	0,03	0,02	0,02
Barcelona	24	78%	21%	0,14	0,13	0,13
Valencia	18	75%	19%	0,13	0,13	0,13
Sevilla	8	95%	7%	0,02	0,02	0,02
Bilbao	15	87%	15%	0,07	0,07	0,07
Zaragoza	8	97%	7%	0,01	0,02	0,01
Málaga	5	89%	25%	0,03	0,04	0,03

FIG. 4/ Nivel de policentricidad de los sistemas urbanos en España

Fuente: elaboración propia.

Por su parte, la correlación entre la media de la autocontención de los subsistemas que constituyen cada área metropolitana y el índice de policentricidad general ($r = -0,918$), confirma que las metrópolis formadas por sistemas más autosuficientes son aquellas en las que menos interacción intersubsistema existe, como es evidente. Esto quiere decir que cuanto mayor es la policentricidad, mayor es la densidad u obertura de red (medida como el ratio entre los flujos y los LTL), más dependencia existe, por tanto, entre los diferentes subsistemas que forman las metrópolis.

Si los datos anteriores se analizan desdoblado las dos partes constituyentes de la policentricidad general, es decir, la policentricidad específica de flujos de entrada y salida, es posible apreciar cómo las áreas metropolitanas de ma-

¹³ Aunque esta visión, anclada necesariamente en el año 2001, podría ser diferente si se incorporasen los cambios posteriores acaecidos en la geografía de las metrópolis estudiadas, especialmente en el caso de Madrid, en donde han emergido sendos proyectos inmobiliarios en los cruces de sus autopistas radiales con las orbitales especializadas en servicios terciarios avanzados como las finanzas, la banca o las telecomunicaciones.

¹⁴ MARMOLEJO & TORNÉS (2015) basados en la antigüedad del parque residencial edificado, clasifican en maduros y emergentes a los subcentros aquí estudiados, llegando a la conclusión de que los maduros son un 66% en Barcelona, un 93% en Bilbao, un 84% en Madrid, un 73% en Sevilla, un 92% en Valencia, un 41% en Zaragoza y todos en Málaga.

yor tamaño tienden a tener una mayor policentricidad en sus flujos de entrada en relación a su policentricidad de los flujos de salida. Dicha correlación puede deberse a que las ciudades más grandes tienen subsistemas más grandes capaces de acaparar de una forma más democrática los flujos de entrada, en relación a las emisiones de trabajadores.

Empero, ¿existe o no, una relación entre la polinucleación y la policentricidad? La simple concomitancia estadística nos sugiere que sí, puesto que la correlación entre el número de subcentros y la policentricidad general es de $r = 0,918$, y la correlación entre el peso relativo de los subcentros en términos de actividad económica y la policentricidad general es de $r = 0,717$. Aunque como se ve en la FIG. 5, la correlación no es perfecta, ya que como se había dicho antes, Málaga tiene un nivel de polinucleación más alto que su nivel de policentricidad, mientras que tomando como referencia la línea de tendencia, Sevilla, Madrid y Zaragoza tienen un nivel de policentricidad más elevado que su nivel de polinucleación. Este mismo hallazgo ya había sido señalado por HALL & PAIN (2006) en su proyecto POLYNET, en el cual el Greater London, un sistema marcadamente monocéntrico, resultó tener un mayor nivel de policentricidad en relación a su nivel de polinucleación.

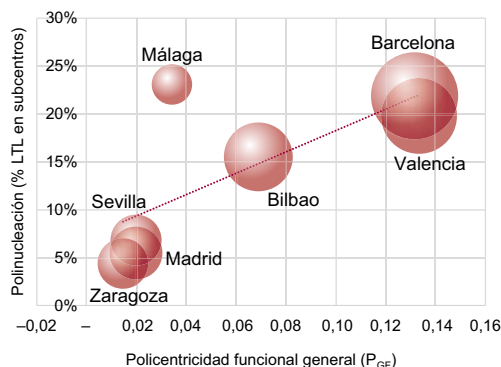


FIG. 5/ Polinucleación versus policentricidad

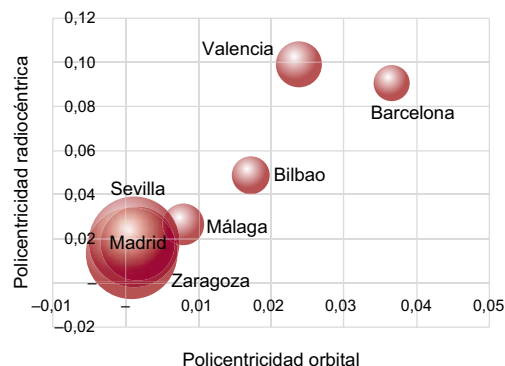
Fuente: elaboración propia.

¿Cuán importantes son los subsistemas centrales en la conformación del indicador de policentricidad? Para responder a esa pregunta se han construido dos indicadores parciales:

1. El indicador de policentricidad orbital (PGF orbital), mide la interacción entre los sub-

sistemas, sin considerar la relación con el subsistema central. Es, por tanto, un indicador de la interacción de los subsistemas periféricos (subcentros-subcentros).

2. El indicador de policentricidad radiocéntrica (P_{GF} radiocéntrica), mide la interacción que se suscita entre el subsistema central y los periféricos, sin considerar la relación entre estos últimos¹⁵.



El tamaño de la esfera es significativo del cociente del eje x/y cuanto más grande la esfera, más domina la policentricidad radiocéntrica en relación a la orbital.

	P_{GF}	P_{GF} orbital	P_{GF} radiocéntrica	P_{GF} radiocéntrica/orbital
Madrid	0,02	0,00	0,02	11,0
Barcelona	0,13	0,04	0,09	2,5
Valencia	0,13	0,02	0,10	4,2
Sevilla	0,02	0,00	0,02	16,4
Bilbao	0,07	0,02	0,05	2,8
Zaragoza	0,01	0,00	0,01	16,6
Málaga	0,03	0,01	0,03	3,4

FIG. 6/ Nivel de policentricidad orbital y radiocéntrica

Fuente: elaboración propia.

La FIG. 6 detalla los resultados y con meridiana claridad puede observarse el papel que juega el subsistema central en la articulación metropolitana. Por ejemplo, el índice general de policentricidad (considerando las relaciones centro-subcentros y subcentros-subcentros) sugiere que Barcelona y Valencia tienen estructuras funcionales muy parecidas. Sin embargo, la escisión entre la policentricidad radiocéntrica y orbital deja ver cómo en Valencia el papel del centro es mucho más dinámico, y en cambio, las relaciones orbitales (subcentros-subcentros) son más exiguas. Muy por el contrario, en Barcelona, el papel del centro es menos importante y las relaciones orbitales son más importantes (de hecho son las más importantes de todas las metrópolis estudia-

¹⁵ Bien podría ser un indicador de monocentricidad, aunque por su formulación matemática aprehende la bidireccio-

nalidad de las relaciones, y en ese sentido, amerita la permanencia del nombre.

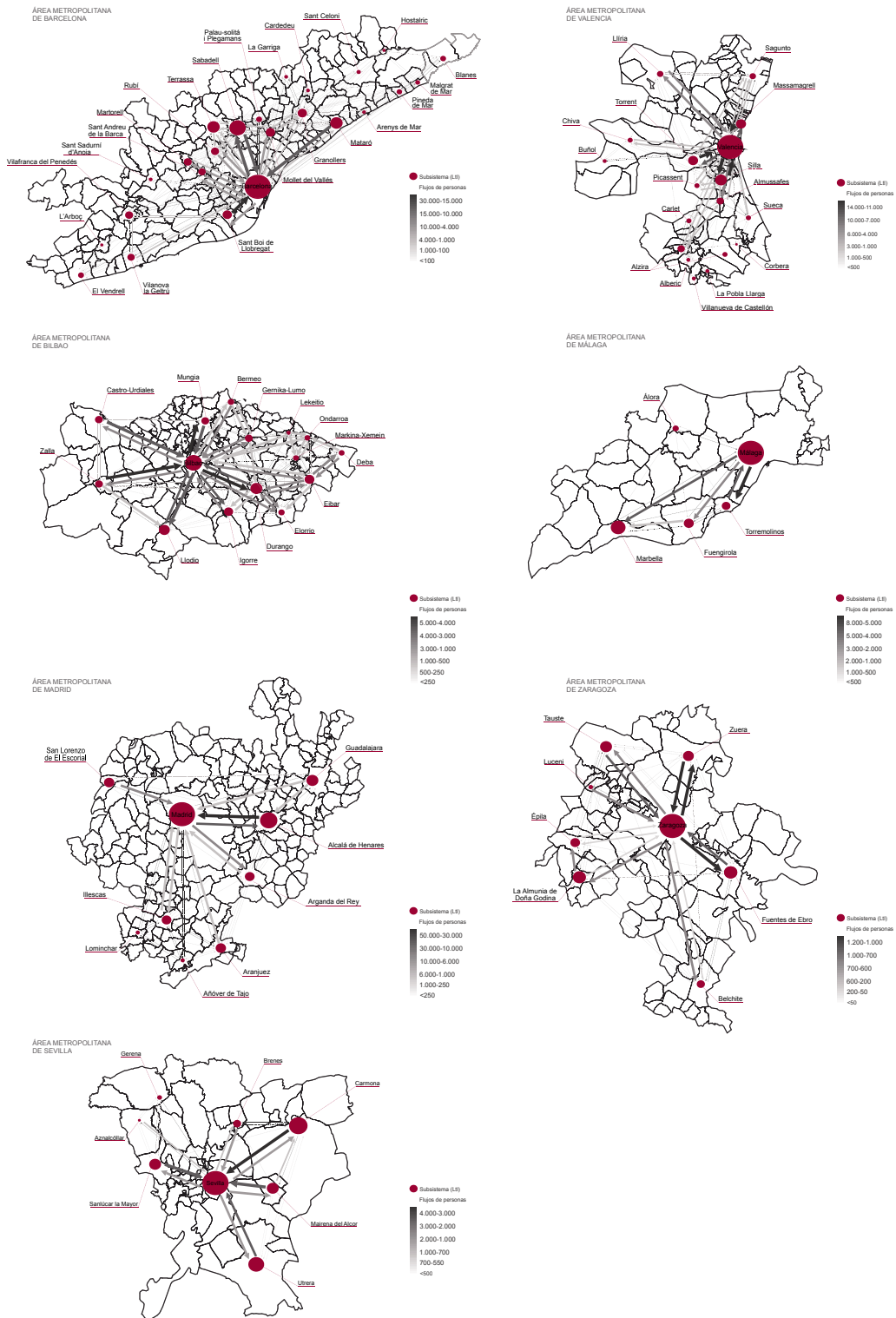


FIG. 7/ Matrices de flujos de trabajadores entre subsistemas 2001

Fuente: elaboración propia a partir de los flujos de la matriz de movilidad laboral del Censo de 2001.

das). Si se construye una ratio dividiendo el indicador de policentricidad radiocéntrica por el de policentricidad orbital, se puede apreciar con nitidez la importancia de los subsistemas centrales en relación a los periféricos, siendo dicha importancia, por este orden: Zaragoza, Sevilla, Madrid¹⁶, seguidos muy de lejos por Valencia, Málaga, Bilbao y Barcelona. Como es natural, las metrópolis poco multicéntricas son aquéllas en donde la (poca) policentricidad está explicada por el papel del subsistema central; mientras que en las más polinucleadas, el subsistema central pierde fuelle en la (mayor) policentricidad metropolitana.

Llama poderosamente la atención que, en Barcelona, por ejemplo, a pesar de que la red viaria, y especialmente la ferroviaria, son fundamentalmente radiocéntricas, existe una clara propensión del mercado laboral y residencial a establecer relaciones orbitales de complementariedad subsistema-subsistema.

La simple inspección visual de la FIG. 7 permite observar las importantes relaciones que se suscitan entre algunos subsistemas barceloneses, como las de tipo bidireccional recíproco: Granollers-Mollet, Sabadell-Terrassa, Sabadell-Mollet; o asimétricas, Terrassa-Rubí, por citar sólo las más importantes.

En el caso bilbaíno, puede decirse que Durango establece relaciones bidireccionales recíprocas con Igorre, Elorrio, Eibar y Eibar, a su vez con Deba; otras relaciones del mismo tipo son las de Ondarroa-Markina y Bermeo-Gernika. Y de las asimétricas destacan: Zalla-Llodio, Lekeitio-Ondarroa y Lekeitio-Markina o Eibar-Elorrio.

En Valencia, las relaciones entre los subsistemas son asimétricas, y de las más importantes cabe señalar el caso Sagunto-Massamagrell, Silla-Torrent y Alzira-Almussafes.

De las metrópolis en donde prácticamente no existen relaciones orbitales, podemos encontrar algunas excepciones, como en el caso madrileño Guadalajara-Alcalá; en el zaragozano, La Almunia-Épila, y en el sevillano, Mairena-Carmona.

El análisis anterior permite sugerir la política que debería seguir la red de transporte metropolitano, ya que como es evidente, en todas las

metrópolis es necesaria una red radiocéntrica (porque es el tipo de policentricidad dominante), y sólo en pocas, como en Barcelona, Bilbao, y quizá en Valencia, podría justificarse la potenciación de los subcentros mediante una red orbital complementaria a la anterior, especialmente en el caso en el cual los dos principales mercados urbanos establezcan relaciones de bidireccionalidad recíproca que permitan justificar un uso razonable y sostenible de una red de transporte de esa naturaleza.

Málaga es un caso interesante porque su subsistema urbano central sólo recibe 6 trabajadores por cada 10 que emite, mientras que en las áreas metropolitanas restantes, los centros reciben 15 trabajadores por cada 10 que emiten. De hecho, los flujos que recibe la capital de Fuengirola y Marbella son anecdóticos en relación a los que les envía, y si bien su relación con Torremolinos es más equilibrada, éste recibe más flujos de la capital que no los que le envía. Es decir, en el área metropolitana de Málaga, los subsistemas periféricos (por ejemplo, Marbella o Torremolinos) tienen un protagonismo singular, y como han señalado MARMOLEJO & al. (2012), tiende hacia una equipotencialidad, aunque como aquí se comprueba, fundamentalmente topográfica y no tanto topológica.

FIG. 8/ Nivel de policentrismo de las metrópolis españolas

Barcelona	1,285
Valencia	1,169
Bilbao	0,313
Málaga	0,092
Sevilla	-0,693
Madrid	-0,923
Zaragoza	-1,242

Las unidades son puntuaciones factoriales, cuanto más positivas son, mayor es el nivel del policentrismo (polinucleación y policentricidad).

En un intento de unir la topografía (polinucleación) y topología (funcionalidad) de la red en un indicador más general de policentrismo, se ha realizado un análisis factorial con las diferentes dimensiones de polinucleación (por ejemplo, número de subcentros, porcentaje de LTL en los subcentros, porcentaje de LTL en el subsis-

¹⁶ Nuevamente, se insiste en el hecho de que esta visión podría haberse visto modificada ante las dinámicas recientes de transformación espacial de Madrid, especialmente por su plena incorporación en el «club» de las

ciudades globales, que ha traído aparejada la construcción de centros terciarios subsidiarios al municipio central, que seguramente han tenido una repercusión en el funcionamiento en red.

tema central) y polifuncionalidad. El resultado del mismo es un componente principal (capaz de sintetizar el 78% de la información), cuyas puntuaciones factoriales son significativas del nivel de policentrismo de los sistemas metropolitanos. La FIG. 8 recoge el resultado de dicho análisis, y como se puede apreciar, existen tres paradigmas claros: las ciudades policéntricas (Barcelona y Valencia), Bilbao y Málaga (medianamente policéntricas), y las menos policéntricas (Sevilla, Madrid y Zaragoza).

6. En búsqueda de los factores que favorecen la policentricidad

La interconectividad de las zonas que constituyen un sistema depende fundamentalmente del nivel de complementariedad de las mismas, es decir, de la capacidad de acoplamiento de los diferentes espacios en función de su vocación territorial (sobre la que inciden aspectos como el planeamiento y la segregación socioresidencial), aunque también depende del nivel de infraestructuras, de servicios para la movilidad y del nivel de renta. Por tal de encontrar los factores urbanísticos que están detrás de la funcionalidad, se ha realizado un modelo de regresión, que entre otras cosas, exige tener un número razonable de observaciones, de manera que el PGF se ha vuelto a calcular al nivel de subsistema urbano. Por tanto, la variable a explicar es el nivel de policentricidad entre los municipios que conforman los subsistemas urbanos de las siete áreas metropolitanas estudiadas. Por su parte las variables explicativas son:

- i. En cuanto a la estructura urbana y territorial:
 - El porcentaje de empleo en el municipio subcentro en relación al empleo total del subsistema, lo cual permite tener una idea de la preponderancia del subcentro en relación al

conjunto de municipios que estructura (% LTL subcentro). El nivel de complejidad orográfica¹⁷, como un indicador de la dificultad para superar el espacio dentro de los subsistemas.

- El número de subcentros y la policentricidad general ($P_{GF-intersubistemas}$) en el área metropolitana de referencia. Esta variable nos permite ver la relación entre la policentricidad intrasubistema e intersubistema.
- ii. En cuanto a la estructura del mercado de trabajo:
 - El porcentaje de empleos especializados¹⁸ en el subsistema (% empleo especializado). Se espera que cuanto más especializado sea el mercado de trabajo de una zona, mayor sea la necesidad de importación de mano de obra cualificada de otras.
 - La diversidad de la oferta de empleo¹⁹ (diversidad empleo) en los municipios que conforman el subsistema, cuanto mayor sea ésta, mayor la probabilidad de que la POR, con diferentes perfiles profesionales, pueda encontrar trabajo en el mismo sitio en el que vive, lo cual reduce la movilidad.
 - El índice de desequilibrio entre la oferta de trabajo (desequilibrio sectorial) que mensura cuán parecida es la estructura de la POR y los LTL a un dígito de desagregación de la Clasificación Nacional de la Actividad Económica (CNAE). Cuando este índice es 0, significa que los municipios de un subsistema están equilibrados en cuanto a la estructura sectorial de su mercado de trabajo, es decir, para todos los sectores existe la misma proporción de oferta de empleo que demanda de éste, lo que podría favorecer la autocontención, repercutiendo en una reducción de la movilidad intermunicipal. Cuanto más cercano a 2 es el índice, significa que existe un mayor desequilibrio, y por tanto, que es necesaria la movilidad laboral.

¹⁷ Este indicador se ha construido de la siguiente manera: en primera instancia, dentro de cada municipio se ha contabilizado la cantidad de suelo en diferentes rangos de pendiente (por ejemplo, <5% entre 5 y 10%, entre 15 y 20%, etc.) con el concurso de un SIG. En un siguiente paso, sobre dichas cifras, se ha calculado el indicador de diversidad de Shannon. Cuanto mayor es el mismo, mayor es la entropía de las pendientes orográficas y por tanto, mayor es el nivel de complejidad orográfica del municipio. Finalmente, se ha integrado un indicador por subsistema mediante una media ponderada, en donde el ponderador es la superficie del municipio.

¹⁸ Para identificar los empleos especializados se ha procedido a analizar, a escala de todos los municipios españoles, los sectores en los cuáles las personas trabajadoras se desplazan más. Dicho cálculo ha consistido en

multiplicar la matriz origen destino de cada uno de los diecisiete sectores de la CNAE, a un dígito de desagregación, por la matriz de distancias óptimas, derivada de un análisis en TransCAD, utilizando la base cartográfica de Tele Atlas. Posteriormente, mediante un análisis de conglomerados, se han identificado los sectores más especializados, que son: administración pública, extraterritoriales, financiera, servicios, y transporte y telecomunicaciones.

¹⁹ La diversidad de empleo se ha calculado con los LTL desagregados a 17 sectores mediante el índice de entropía de Shannon (a partir de los datos de la Clasificación Nacional de Ocupación del año 2001, CNO). En concreto, se ha calculado dicho índice a escala de municipio, y luego se ha agregado por subsistema mediante una media ponderada por los LTL de cada municipio.

iii. En cuanto a la dotación de infraestructuras de transporte:

- La dotación de estaciones de ferrocarril intermunicipal por cada 10.000 habitantes. Este índice, imperfecto para lo que sería deseable, intenta mensurar los servicios de transporte masivo dentro de un subsistema.
- El número de accesos a autopistas y autovías (auto pis/vías) por cada 10.000 habitantes. Cuanto mayor es este índice, y el anterior, menor es la dificultad de las personas para superar el espacio que distancia a los municipios entre sí, y por tanto, *ceteris paribus*, mayor la movilidad potencial.

iv. En cuanto al nivel de ingresos:

- La estructura socioprofesional²⁰ de la población ocupada residente, ya que se espera que exista una relación entre el nivel de renta y la movilidad (Fac. no cualificados).

Asimismo, se controlan aspectos como el tamaño de los subsistemas y su densidad.

De los 87 subsistemas que integran las siete áreas metropolitanas, sólo se han considerado 82, puesto que cinco denotan valores de policentricidad general funcional extremos²¹. La FIG. 9 ofrece los resultados de los modelos, presentando únicamente las variables que resultaron significativas al 95% de confianza²². El de la primera columna de resultados (modelo 1a), se ha construido con todos los subsistemas a la vez, sus resultados dan cuenta que *la policentricidad*:

1. *Se reduce* ante la preponderancia del subcentro que estructura el subsistema, puesto que cuanto más grande es la cabecera, se crea un efecto monocéntrico en la pequeña escala. Como BURGER & MEIJERS (2012) indican, el tamaño del centro está positivamente asociado con la diversidad sectorial, al tiempo que un mercado de trabajo más amplio permite un mejor encaje

entre la oferta y la demanda de mano de obra, y en consecuencia, reduce la necesidad de movilidad.

2. *Se incrementa* con el tamaño del subsistema, mensurado como la suma de la distancia óptima entre todos los municipios que lo conforman. Este resultado es coherente con el análisis a escala intrametropolitana (intersubsistemas) del epígrafe anterior, en donde las metrópolis más policéntricas tienen subsistemas más extensos (sin considerar el subsistema central). Es decir, cuanto menos preponderante es el subsistema central, más importancia (y extensión) tienen los subordinados, que a su vez tienen, internamente, una mayor policentricidad, puesto que sus subcentros son capaces de estructurar con mayor vigor su entorno local.
3. *Se incrementa* con el desequilibrio sectorial, cuanto más desfasada está la demanda y la oferta de empleo, mayor es la interacción entre los municipios dentro de los subsistemas. *Este hallazgo es muy importante, puesto que pone de relieve que la falta de coordinación urbanística en la configuración de usos del suelo tiene, efectivamente, un impacto sobre los patrones de movilidad.* Para favorecer la autocontención, no hace falta sólo que haya un cierto equilibrio entre el techo (suelo) para vivienda y actividad económica (medido en personas ocupadas, no en m²), sino también, y sobre todo, que exista una correspondencia entre el perfil socioprofesional del empleo y el tipo de vivienda al que pueden acceder en función de su nivel de renta.
4. *Se incrementa* con la polinucleación del sistema metropolitano. Es decir, existe una relación entre la polinucleación metropolitana y la funcionalidad intrasubsistema²³. *Proceso que parece responder a un efecto fractal.*
5. Finalmente, el modelo 1a pone de relieve que la dotación de infraestructuras viarias de alta capacidad y velocidad, como las autopistas y autovías, favorece también la

²⁰ Dicha estructura se ha sintetizado a partir de un análisis de componentes principales construido sobre el porcentaje de cada una de las categorías de la CNO a un dígito de desagregación. En dicho análisis el factor 1, polariza, en positivo, las zonas en donde viven las personas que ocupan puestos cualificados (por ejemplo, directivos, profesionales, técnicos superiores y medios), y en sentido negativo, aquéllas donde viven los trabajadores menos cualificados de la industria. El componente 2 (Fac. no cualificados), señala los sitios en los que viven los grupos socioprofesionales no cualificados. Ambos factores son capaces de explicar el 66% de la varianza.

²¹ Estos cinco subsistemas son: Chiva, Fuengirola, Bilbao, Torremolinos y Madrid, en todos los casos, el P_{GF} se en-

cuentra a más de dos desviaciones estándar de la media del conjunto.

²² Además de los modelos presentados, se han calculado otros, separando a las AM de acuerdo con su nivel de policentrismo (Barcelona y Valencia; Bilbao y Málaga; Sevilla, Madrid y Zaragoza). Los resultados, sin embargo, no difieren en su esencia con los reportados aquí. Sin embargo, no se han realizado modelos individuales por cada AM, ya que el número de casos habría sido mínimo, y por tanto, inadecuado para este tipo de análisis multivariados.

²³ De hecho, también se probó introducir en vez del número de núcleos, el índice general de policentricidad, sin embargo, esta segunda variable no resultó significativa.

FIG. 9/ Modelos para explicar la policentricidad funcional a nivel intrasubistema

Variable independiente	Modelo			
	(1a)	(1b)	(2a)	(2b)
Constante	0,003 0,129	0,223 3,993	0,245 5,003	0,225 4,184
% LTL en el subcentro	-0,058 -2,775		-0,037 -1,718	
Suma dist. intrasubistema	0,000 3,161		0,000 1,733	
% empleo especializado		0,626 5,772	0,607 3,763	0,788 6,009
Diversidad de empleo		-0,139 -4,014	-0,148 -4,668	-0,152 -4,477
Desequilibrio sectorial	0,153 3,183			
Número de subcentros	0,003 3,719		0,002 2,259	
Auto pis/vias	0,004 2,069			
Fac. no cualificados		-0,009 -1,783		-0,009 -1,690
PGF intersubistemas		0,198 2,405		0,192 2,316
R2	0,39	0,44	0,49	0,49
R2 (ajustado)	0,35	0,41	0,45	0,46
σ (estimado)	0,04	0,04	0,04	0,04
Durbin-Watson	0,79	0,70	0,98	0,84
Tamaño de la muestra	82	82	77	77

Variable dependiente: policentricidad general funcionaria (P_{GF}).
Método de introducción: pasos sucesivos.

intervinculación entre los municipios que conforman los subsistemas. Esta conclusión va en detrimento de la hipótesis de muchas autoridades locales, en el sentido de suponer que este tipo de infraestructuras son más una carga que no un beneficio, puesto que entienden dan servicio de largo recorrido y por tanto son «de paso». Por el contrario, nuestro hallazgo sugiere que también las autopistas y autovías tienen un papel en la configuración de las estructuras territoriales en la pequeña escala, y más en el fondo aún, que el papel de las calles ha sido sustituido por el de las autopistas, y por ende, que su diseño arquitectónico, como elementos cotidianos de las urbes contemporáneas, requiere más atención.

En el modelo 2a se han eliminado los subsistemas centrales para comprobar hasta qué

punto la policentricidad en los subsistemas subordinados continúa explicándose a través de los mismos factores urbanos. Los resultados dan cuenta de que la variable de porcentaje de empleo especializado y la diversidad, reemplazan el papel del desequilibrio sectorial. En concreto, cuanto mayor es el porcentaje de empleo cualificado en el subsistema, mayor es la interacción entre los municipios que lo conforman, lo que resulta coherente con el hecho de que este tipo de empleos, al ser más escasos, requieren un mayor ámbito territorial que produce una mayor movilidad. Esta mayor disposición/posibilidad de viajar ya había sido comprobada por SCHWANEN & DIJST (2002).

El signo negativo del indicador de diversidad permite reforzar la idea de que cuanto más compleja es la oferta sectorial de empleo, menor es la movilidad intermunicipal, puesto que mayor es la probabilidad de encontrar un tra-

bajo acorde con las aptitudes de la población ocupada. La pérdida de capacidad explicativa de la dotación de infraestructuras viarias de alta capacidad sugiere su menor peso en la explicación de la movilidad interna de los sistemas periféricos (entre otras razones porque las autopistas/autovías son fundamentalmente de tipo radial).

Los modelos b reproducen a los a, excepto en el hecho de que se ha ofrecido al modelo la introducción de los indicadores de nivel de renta. Como se ve, entra la variable Fac. no cualificados con signo negativo, resulta que es significativo de la existencia de una relación entre el nivel de renta (y las ocupaciones) y el nivel de movilidad dentro de los municipios de los subsistemas. Finalmente, cabe señalar que este indicador expulsa del modelo al nivel de preponderancia del municipio central, y que las variables del tamaño del subsistema y del número de subcentros, son sustituidas por la de policentricidad entre los subsistemas.

7. Conclusiones

La significación del concepto de policentrismo ha de entenderse como un proceso y no como una definición acabada. En este artículo intentamos aportar elementos que nutren ese debate, en el sentido de apoyar una definición ciertamente fundamentada en criterios morfológicos pero también funcionales. En dicho contexto, poco nos equivocaríamos en decir que un sistema urbano policéntrico debería ser aquél estructurado en varios (poli) centros, que interactúan tanto con su entorno inmediato (formando subsistemas) como entre ellos (estableciendo relaciones de complementariedad). No basta, por tanto, que haya muchos núcleos, sino es necesario también que exista una evidente relación entre los mismos.

El programa empírico realizado sugiere, para las siete grandes ciudades españolas, que existe una fuerte relación entre la polinucleación (entendida como el número de subcentros y su peso relativo) y la policentricidad (entendida como el nivel de intervencionalidad funcional entre los subsistemas estructurados por los subcentros). Empero, dicha correlación no es perfecta, y no por tener analizada una, se puede dar por sentada la otra. En ese sentido, el caso de Málaga es paradigmático, en tanto en

cuanto su nivel de intervencionalidad funcional es menor del que su gran nivel de equipotencialidad multicéntrica morfológica sugeriría. Más en el fondo aún, los análisis funcionales han puesto de relieve que casi todas nuestras áreas metropolitanas tienen un fuerte componente monocéntrico, siendo en la mayor parte de ellas el policentrismo un estadio emergente, más derivado de la integración de antiguos núcleos originalmente independientes, que de la aparición de nuevos, como ocurre con el policentrismo en Norteamérica. A pesar de ello, en algunas áreas como en Bilbao, y especialmente en Barcelona, existen claros indicios de relaciones policéntricas funcionales de tipo orbital (subcentro-subcentro), que bien justificarían la creación o potenciación de sistemas viarios/ferroviarios que permitiesen impulsar las relaciones de complementariedad históricamente forjadas.

¿Es la polifuncionalidad, es decir, el policentrismo funcional, un aspecto deseable? La respuesta depende de qué es lo que se analice. En el caso de la movilidad laboral, como la aquí estudiada, el nivel de intervencionalidad funcional es positivo, en la medida que habilita la complementariedad territorial mediante el flujo de capital humano que beneficia a las empresas, y brinda más oportunidades laborales para las personas; pero también podría ser pernicioso en la medida en que la movilidad tiene un coste ambiental y social, cuando el tiempo de desplazamiento es excesivo y va en detrimento de otras actividades reproductivas. En este último sentido, nuestros análisis ponen de relieve el importante papel que tiene, en la contención de la movilidad, la coordinación urbanística en la configuración de usos del suelo para favorecer un equilibrio coherente entre los perfiles socioprofesionales de la actividad económica y el tipo de vivienda al que puedan acceder en función de su nivel de renta, como ya apuntaron MARMOLEJO & TORNÉS (2015). Asimismo, los análisis sugieren que las grandes autopistas y autovías que surcan nuestras metrópolis, tienen un importante papel en la estructuración local, y por ende, deberían tener un diseño arquitectónico más acorde al rol urbano que, a pesar de la desidia de sus planificadores, están jugando. Entender que la planificación de dichas infraestructuras es un tema sectorial y no urbanístico, resulta a la luz de la evidencia empírica, anacrónico.

8. Bibliografía

- AGUIRRE, C. & C. MARMOLEJO (2010): «Hacia un método integrado de identificación de subcentros a escala municipal: un análisis para la Región Metropolitana de Barcelona», en *ACE: Architecture, City and Environment*, 5 (14): 99-122.
- ALBRECHTS, L. (2001): «How to proceed from image and discourse to action: as applied to the Flemish Diamond», en *Urban Studies*, 38: 733-745.
- ANAS, A. & ARNOTT & K. A. SMALL (1998): «Urban spatial structure», en *Journal of Economic Literature*, 36: 1426-1464.
- ANDERSON, N. B. & W. T. BOGART (2001): «The Structure of Sprawl. Identifying and Characterizing Employment Centers in Polycentric Metropolitan Areas», en *Journal of Economics and Sociology*, 60: 147-169.
- BERRY, B. J. L. (1964): «Cities as systems within systems of cities», en *Papers of the Regional Science Association*, 13: 146-163.
- BOGART, W. T. & W. C. FERRY (1999): «Employment centres in Greater Cleveland: evidence of evolution in a formerly monocentric city», en *Urban Studies*, 36: 2099-2110.
- BOIX, R. (2002): *Caracterización de redes de ciudades mediante el análisis de cuatro estructuras urbanas simuladas*. Encuentro de Economía Aplicada (V, Oviedo, 6-8 de junio).
- & J. TRULLÉN (2012): «Policentrismo y estructuración del espacio: una revisión crítica desde la perspectiva de los programas de investigación», en *ACE: Architecture, City and Environment*, 6 (18): 27-54.
- BURGER, M. & E. MEIJERS (2012): «Form follows function? Linking morphological and functional polycentricity», en *Urban Studies*, 49 (5): 1127-1149.
- CAMAGNI, R. (1994). «From city hierarchy to city network: reflections about an emerging paradigm», en CUADRADO-ROURA, J. & P. NIJKAM & P. SALVA (eds.), *Moving frontiers economic restructuring, regional development and emerging networks*, Aldershot, Avebury.
- CHAMPION, A. (2001): «Changing demographic regime and evolving polycentric urban regions: consequences for the size, composition and distribution of city populations», en *Urban Studies*, 38 (4): 657-67.
- CHORLEY, R. J. & P. HAGGETT (eds.) (1967): *Models in geography*. Methuen, Londres.
- CHRISTALLER, W. (1933): *Die Zentralen Orte in Süddeutschland*, Gustav Fischer Verlag, Jena (trad. It: *Le località centrali della Germania meridionale*, Milán, 1981).
- CRAIG, S.G. & P.T. NG (2001): «Using Quantile Smoothing Splines to Identify Employment Subcenters in a Multicentric Urban Area», en *Journal of Urban Economics*, 49: 100-120.
- DE COS, O. & A. DE MEER (2013): «Las áreas metropolitanas de tamaño medio: la configuración de un espacio de cohesión en el conjunto polinuclear Santander-Torrelavega», en *CyTET*, XLV (176): 351-362.
- DE GOEI, B. & M. J. BURGER & F. G. VAN OORT & M. KITSON (2010): «Functional polycentricity and urban network development in the greater south east UK: evidence from commuting patterns», en *Regional Studies*, 44: 1149-1170.
- DE LAS RIVAS, J. L. & A. ÁLVAREZ (2013): «El corredor industrial Valladolid-Palencia: conurbación emergente entre dos polos urbanos consolidados», en *CyTET*, XLV (176): 363-378.
- DEMATTEIS, G. (1985): «Contro-urbanizzazione e strutture urbane reticolari», en BIANCHI, G. & I. MAGNANI (eds.), *Sviluppo multiregionale: teorie, metodi, problemi* (pp. 121-132), Franco Angeli, Milán.
- ESPON 1.1.1. (2004): *Potentials for polycentric development in Europe*. Nordregio/ESPON Monitoring Committee, Stockholm/Luxembourg.
- FERIA, J. M. (2008): «Un ensayo metodológico de definición de las áreas metropolitanas de España a partir de la variable residencia-trabajo», en *Investigaciones Geográficas*, 46: 49-68.
- (2010): «La delimitación y organización espacial de las áreas metropolitanas españolas: una perspectiva desde la movilidad residencia-trabajo», en *CyTET*, 164: 189-210.
- & J. M. ALBERTOS (ed.) (2010): *La ciudad metropolitana en España: procesos urbanos en los inicios del siglo XXI*, Thomson Reuters, Pamplona.
- FONT, A. (2013): «Ámbito Central del Camp de Tarragona: la emergencia de una metrópoli territorial», en *CyTET*, XLV (176): 379-392.
- GALLO, M. T. & R. GARRIDO (2012): «Una aproximación a la estructura urbana policéntrica en la Comunidad de Madrid», en *ACE: Architecture, City and Environment*, 6 (18): 69-100.
- & M. VIVAR (2010): Cambios Territoriales en la Comunidad de Madrid: policentrismo y dispersión. *EURE*, 36 (107): 5-26.
- GARCÍA-LÓPEZ, M. A. (2007): «Estructura espacial del empleo y economías de aglomeración: el caso de la industria de la Región Metropolitana de Barcelona», en *ACE: Architecture, City and Environment*, 4: 519-553.
- (2008): «Manufacturas y servicios en la RMB, cambios en la estructura espacial de su empleo», en *Revista de Estudios Regionales*, 83: 197-224.
- (2010): Population suburbanization in Barcelona, 1991-2005: Is its spatial structure changing?, en *Journal of Housing Economics*, 19: 119-1932.
- & I. MUÑOZ (2010): «The Polycentric Knowledge Economy in Barcelona», en *Urban Geography*, 31: 774-799.
- GIULIANO, G. & C. L. REDFEARN (2007): «Employment concentrations in Los Angeles, 1980-2000», en *Environment and Planning A*, 39 (12): 2935-2957.
- & K. A. SMALL (1991): «Subcenters in Los Angeles Region», en *Regional Science and Urban Economics*, 21: 163-182.
- GORDON, P. & H. W. RICHARDSON & G. GIULIANO (1989): *Travel trends in non-CBD activity centers*. Washington, DC: Report Ca-11-0032, Urban Mass Transit Administration. U.S. Department of Transportation. Report CA-11-0032.
- GORDON, P. & H. W. RICHARDSON (1996): «Beyond Polycentricity: The Dispersed Metropolis, Los An-

- geles, 1970-1990», en *Journal of the American Planning Association*, 62 (3): 289-295.
- & L. WONG (1986): «The distribution of population and employment in a polycentric city: the Case of Los Angeles», en *Environment and Planning A*, 18: 161-173.
- GREEN, N. (2004): *General functional polycentricity: a definition*. Discussion Paper, Institute of Community Studies/The Young Foundation/Polynet programmes.
- (2005): *Towards a definition of polycentricity in terms of network theory, and the visualisation of polycentricity using a GIS*. Paper given at CUPUM 05: Computers in Urban Planning and Urban Management, Londres.
- (2007): «Funcional Polycentricity: A Formal Definition in Terms of Social Network Analysis», en *Urban Studies*, 44 (11): 2077-2103.
- HAGGETT, P. (1965): *Locational Analysis in Human Geography*, Edward Arnold, Londres.
- HALL, P. (1984): *The World Cities*, 3.^a ed., Weidenfeld and Nicolson, Londres.
- & PAIN, K. (2006): *The Polycentric Metropolis. Learning from mega-city regions in Europe*, Earthscan, Abingdon.
- KLOOSTERMAN, R. & MUSTERD, S. (2001): «The Polycentric Urban Region: Towards a Research Agenda», en *Urban Studies*, 38 (4): 623-633.
- LAMBOOY, J. G. (1998): «Polynucleation and urban development: the Randstad», en *European Planning Studies*, 6: 457-467.
- LIMTANAKOOL, N. & T. SCHWANEN & M. DIJST (2007): «A theoretical framework and methodology for characterising national urban systems on the basis of flows of people: evidence for France and Germany», en *Urban Studies*, 44 (11): 2123-2145.
- (2009): «Developments in the Dutch Urban System on the Basis of Flows», en *Regional Studies*, 43 (2): 179-196.
- MARMOLEJO, C. & E. CHICA & J. MASIP (2012): «¿Hacia un sistema de metrópolis españolas policéntricas?: evolución de la influencia de los subcentros en la distribución de la población», en *ACE: Architecture, City and Environment*, 18: 163-190.
- & J. CERDA (2012): «La densidad-tiempo: otra perspectiva de análisis de la estructura metropolitana», en *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, XVI (402).
- & J. MASIP & C. AGUIRRE (2013): «Policentrismo en el sistema urbano español: un análisis para 7 áreas metropolitanas», en *CyTET*, 176.
- & C. AGUIRRE & J. ROCA (2013b): «Revisión de la densidad de empleo como medio para detectar subcentros metropolitanos: un análisis para Barcelona y Madrid», en *ACE: Architecture, City and Environment*, 23: 33-64.
- & M. TORNÉS (2015): «¿Reduce el policentrismo la movilidad laboral? Un análisis para las siete grandes áreas metropolitanas en España», en *Scripta Nova*, vol. XVIII, núm. 500.
- MARTÍN, A. & M. GONZÁLEZ & N. MENDIKUTE (2013): «Complementos y dependencias urbanas sobre Donostia-San Sebastián en situación fronteriza», en *CyTET*, XLV (176): 393-408.
- MARTÍNEZ, H. & I. MOHÍNO & J. DE UREÑA & E. SOLÍS (2014): «Road accessibility and articulation of metropolitan spatial structures: the case of Madrid (Spain)», en *Journal of Transport Geography*, 37: 61-73.
- MASIP, J. & J. ROCA (2012): «Anàlisi retrospectiu del sistema metropolità de Barcelona i la seva influència en l'estructura urbana», en *ACE: Architecture, City and Environment*, 18: 101-138.
- MCDONALD, J. & P. PRATHER (1994): «Suburban employment centres: The case of Chicago», en *Urban Studies*, 31: 201-218.
- MCDONALD, J. F. (1987): «The Identification of Urban Employment Subcenters», en *Journal of Urban Economics*, 21: 242-258.
- & D. P. McMILLEN (1990): «Employment subcenters and land values in a polycentric urban area: the case of Barcelona», en *Environment and Planning A*, 22: 1561-1574.
- McMILLEN, D. (2001): «Non-Parametric Employment Subcenter Identification», en *Journal of Urban Economics*, 50: 448-473.
- & J. F. MCDONALD (1997): «A Nonparametric Analysis of Employment Density in a Polycentric City», en *Journal of Regional Science*, 37: 591-612.
- MEIJERS, E. (2008): «Measuring Polycentricity and its Promises», en *European Planning Studies*, 16 (9): 1313-1323.
- MILLS E. S. & B. W. HAMILTON (1984): *Urban Economics*, Scott Foresman, Glenview, IL.
- MUÑIZ, I. & A. GALINDO & M. A. GARCÍA-LÓPEZ (2003): «Cubic Spline Density Functions and Satellite City Delimitation: The Case of Barcelona», en *Urban Studies*, 40: 1303-1321.
- MUÑIZ, I. & M. A. GARCÍA-LÓPEZ (2009): «Policentrismo y sectores intensivos en información y conocimiento», en *CyTET*, 160: 263-290.
- & A. GALINDO (2008): «The Effect of Employment Sub-centres on Population Density in Barcelona», en *Urban Studies*, 45 (3): 627-649.
- O'SULLIVAN, A. (2011): *Urban Economics* (8.^a ed. revisada). McGraw-Hill Higher Education.
- PARR, J. B. (2004): «The polycentric urban region: a closer inspection», en *Regional Studies*, 38: 231-240.
- PILLET, F. & M. CAÑIZARES & A. RUIZ & H. MARTÍNEZ & J. PLAZA & J. SANTOS (2010): «El policentrismo en Castilla-La Mancha y su análisis a partir de la población vinculada y el crecimiento demográfico», en *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, XIV (321).
- PRED, A. (1977): *City-systems in advanced economies: past growth, present processes, and future development options*. Hutchinson, Londres.
- REDFEARN, C. L. (2007): «The Topography of Metropolitan Employment: Identifying Centers of Employment in a Polycentric Urban Area», en *Journal of Urban Economics*, 61: 519-561.
- REQUES, P. & O. DE COS (2013): «Los difusos límites del espacio urbano-metropolitano en España», en *CyTET*, XLV (176): 267-280.
- ROCA, J. (1988): *La estructura de valores urbanos: un análisis teórico-empírico*. Instituto de Estudios de Administración Local, Madrid.

- & B. ARELLANO & M. MOIX (2011): «Estructura urbana, policentrismo y "sprawl": los ejemplos de Madrid y Barcelona», en *CyTET*, 168: 299-321.
- ROCA, J. & C. MARMOLEJO & M. MOIX (2009): «Urban Structure and Polycentrism: Towards a redefinition of the sub-centre concept», en *Urban Studies*, 46 (13): 2840-2868.
- ROCA, J. & M. MOIX (2005): «The interaction value: its scope and limits as an instrument for delimiting urban systems», en *Regional Studies*, 39: 359-375.
- & B. ARELLANO (2012): «El sistema urbano en España», en *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, XVI (395).
- RODRÍGUEZ, F. & M. CARRERO (2013): «Ciudad Astur, una singularidad metropolitana», en *CyTET*, XLV (176).
- ROMERO, V. & E. SOLÍS & J. DE UREÑA (2014): «Beyond the metropolis: new employment centers and historic administrative cities in the Madrid global city region», en *Urban Geography*, 35 (6): 889-915.
- RUIZ, M. & C. MARMOLEJO (2008): «Hacia una metodología para la detección de subcentros comerciales: un análisis para Barcelona y su área metropolitana», en *ACE: Architecture, City and Environment*, 3 (8): 199-217.
- SCHWANEN, T. & M. J. DIJST (2002): «Travel-time ratios for visits to the workplace: the relationship between commuting time and work duration», en *Transportation Research Part A*, 36: 573-592.
- SHEARMUR, R. & W. J. COFFEY (2002): «A Tale of Four Cities: Intrametropolitan Employment Distribution in Toronto, Montreal, Vancouver, and Ottawa-Hull, 1981-1996», en *Environment and Planning A*, 34: 575-598.
- SOLÍS, E. & I. MOHINO & J. DE UREÑA (2015): «Global Metropolitan-Regional Scale in Evolution: Metropolitan Intermediary Cities and Metropolitan Cities», en *European Planning Studies*, 23 (3): 568-596.
- SOLÍS, E. & J. M. DE UREÑA & B. RUIZ-APILÁNEZ (2012): «Transformación del sistema urbano-territorial en la región central de la España peninsular: la emergencia de la región metropolitana policéntrica madrileña», en *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, XVI (420).
- SOLÍS, E. & M. ARNAIZ & I. MOHINO & B. RUIZ & J. DE UREÑA (2013): «Políticas urbanas y ciudades intermediarias en regiones policéntricas: el caso de Madrid», en *CyTET*, XLV (176): 301-316.
- SPIEKERMANN, K. & M. WEGENER (2004): «How to measure polycentricity?», *Paper given at ESPON 1.1.3 Project Meeting*, Warsaw, Polonia.
- SUAREZ, M. & J. DELGADO (2009): «Is Mexico City Polycentric? A trip attraction capacity approach», en *Urban Studies*, 46 (10): 2187-2211.
- TINKLER, K. J. (1977): *An introduction to graph theoretical methods in geography*, Institute of British Geographers Catmog, Londres.
- TRULLÉN, J. & R. BOIX (2000): «Policentrismo y redes de ciudades en la Región Metropolitana de Barcelona», *Ponencia presentada al III Encuentro de Economía Aplicada*, Valencia.
- TSAI, Y. H. (2005): «Quantifying Urban Form: Compactness versus "Sprawl"», en *Urban Studies*, 42: 141-161.
- UREÑA, J. M. & F. PILLET & C. MARMOLEJO (2013): «Aglomeraciones/regiones urbanas basadas en varios centros: el policentrismo», en *CyTET*, XLV (176): 249-266.
- VAN DEN BERG, L. & EUROPEAN COORDINATION CENTRE FOR RESEARCH AND DOCUMENTATION IN SOCIAL SCIENCES (1982): *Urban Europe: A study of growth and decline*, vol. 1, Pergamon Press, Oxford.
- VIÑUELA, A. & E. FERNÁNDEZ & F. RUBIERA (2012): «Una aproximación input-output al análisis de los procesos centrípetos y centrifugos en Madrid y Barcelona», en *ACE: Architecture, City and Environment*, 6 (18): 139-162.