



Departament d'Economia Aplicada, Working Paper 03.03 (febrero 2003)

BARCELONA, METRÓPOLIS POLICÉNTRICA EN RED

Joan Trullén¹ y Rafael Boix²

Abstract: La organización de la producción en el espacio se asocia con el crecimiento y el desarrollo económico. En esta investigación se propone el estudio de las relaciones entre Barcelona y los municipios de su sistema urbano desde tres niveles del análisis: el área metropolitana, la región metropolitana policéntrica, y la red de ciudades. El estudio del área metropolitana permite comprobar el cambio de extensión de la metrópolis de Barcelona, la dirección de la expansión y la creciente integración con otras áreas urbanas de Cataluña. El análisis interno del área metropolitana nos permite comprobar que a pesar del gran peso específico del municipio de Barcelona, el sistema urbano es policéntrico. El incremento en extensión de la metrópolis se debe a la expansión conjunta de la interacción con Barcelona y con un conjunto de ciudades de antigua tradición industrial. Las áreas de influencia de todos estos subcentros se entrelazan al expandirse, formando una región metropolitana policéntrica. Finalmente, la aplicación al análisis de las teorías de redes de ciudades permite identificar un sistema urbano en el que coexisten relaciones jerárquicas con no jerárquicas, y en el que se generan relaciones de complementariedad y sinergia. El análisis de las redes de ciudades en clave de economía del conocimiento permite deducir la dependencia en la transmisión de información y conocimiento tanto de las redes verticales como de las horizontales. Posteriores estudios deben encaminarse a cuantificar los efectos de la estructura urbana sobre la productividad y la utilidad.

¹ Departament d'Economia Aplicada, Universitat Autònoma de Barcelona. Edifici B. 08193 Bellaterra, Barcelona (Spain). Tel. 0034 93 581 22 44, Fax. 0034 93 581 2292. E-mail: joan.trullen@uab.es

² Departament d'Economia Aplicada, Universitat Autònoma de Barcelona. Edifici B. 08193 Bellaterra, Barcelona (Spain). Tel. 0034 93 581 15 28, Fax. 0034 93 581 2292. E-mail: rafael.boix@uab.es

0. INTRODUCCIÓN

La organización de la producción en el territorio se asocia con el crecimiento y el desarrollo económico. Por tanto, ayuda a explicar por qué una empresa localizada en una ciudad es más eficiente, más productiva o más competitiva que la que se localiza en otra ciudad.

La mayoría de investigaciones que han intentado relacionar la existencia de estas ventajas con el territorio han utilizado como unidad de referencia las regiones o las áreas metropolitanas. Sin embargo, las grandes regiones urbanas, en las que se condensan las actividades con mayor dinamismo económico, contienen en su interior polaridades muy complejas y heterogéneas. Por tanto, para comprender como operan las ventajas territoriales asociadas a determinados procesos productivos, es necesario desagregar estas grandes unidades territoriales en otras unidades de análisis más pequeñas y dotadas de significado económico. Asimismo, es necesario establecer como se relacionan estas unidades entre ellas.

La dinámica de la estructura espacial urbana de la metrópolis de Barcelona ofrece un ejemplo de polinucleación sobrevenida típico de una ciudad europea. En la mayoría de ciudades norteamericanas, la metrópolis policéntrica (metrópolis con varios centros) se forma porque se descentraliza la población y la actividad desde una gran ciudad a otras pequeñas de su entorno. En el caso europeo, partimos de un conjunto de ciudades cercanas con niveles considerables de población y actividad, y la metrópolis policéntrica se forma al incrementar las relaciones directas e indirectas entre estas ciudades.

Se trata de una realidad muy afectada por procesos de cambio tanto en la forma de producir como en la forma de ocupar el territorio, y que en las últimas décadas ha tenido un crecimiento espacial y poblacional muy importante. Por ejemplo, en tan sólo un cuarto de siglo la metrópolis de Barcelona (Barcelona y su área metropolitana) ha doblado el suelo destinado a usos urbanos¹.

¹ El crecimiento metropolitano de Barcelona se ha interpretado por la literatura urbanística especializada como fruto de la activación simultánea de tres procesos distintos (Font et al. 1999, págs. 102-107): crecimiento por agregación (fruto de la prolongación de las infraestructuras urbanas existentes);

Desde el punto de vista económico, el análisis de la dinámica de estructura espacial requiere introducir variables relacionadas con la población, el mercado de trabajo, la especialización y diversidad productiva, y la interacción entre municipios vecinos y no vecinos. Aunque el objetivo último sería el de medir las externalidades relacionadas con la localización y la interacción, lo que se expone a continuación tiene un objetivo más modesto. Se trata de mostrar las evidencias encontradas para la metrópolis de Barcelona de:

- a) el cambio en la escala de la ciudad y la aparición de un modelo de metrópolis polinuclear;
- b) la existencia de concentraciones especializadas de actividad económica y al mismo tiempo una elevada diversidad productiva;
- c) la organización de la estructura urbana en redes de ciudades.

1. LA DELIMITACIÓN DE LA METRÓPOLIS Y EL CAMBIO DE ESCALA

Desde el ingreso en la Unión Europea, Barcelona ha pasado de ser una ciudad de base industrial, orientada hacia la producción para el mercado español, a ser una metrópolis internacional que orienta su producción de bienes y servicios hacia los mercados exteriores. La ampliación del mercado para el que opera la economía de Barcelona ha ido acompañada de un cambio de escala de la metrópolis. Actualmente abarca el 10% de la superficie de Cataluña (3.200 Km²), y el 70% de la población (4,35 millones).

¿A qué se debe este cambio de escala? En los años 60 y 70, Barcelona y las ciudades de su entorno crecen debido al elevado número de nacimientos y a la inmigración. Actualmente, el crecimiento no obedece a criterios demográficos. El crecimiento natural de la población (nacimientos menos muertes) es muy escaso dadas las bajas tasas de fecundidad. El crecimiento migratorio, después de estancarse se ha acelerado en los

crecimiento por dispersión (fruto de la extensión de formas residenciales con predominio de viviendas aisladas y de modelos productivos basados en industrias de escasa dimensión¹); y crecimiento por polarización (fruto de la implantación de nuevos establecimientos productivos de gran dimensión o de grandes equipamientos públicos o privados). Estos procesos se solapan durante las últimas décadas del siglo XX, aunque durante los años setenta predomina la agregación, en los años ochenta la dispersión, y en los años noventa la polarización.

últimos años, pero sin embargo no es uno de los factores determinantes del cambio de escala.

En realidad, el crecimiento metropolitano obedece a dos procesos distintos: la descentralización y el aumento de la interacción espacial.

La **descentralización** incorpora dos grandes componentes: descentralización de población desde los municipios centrales y los municipios metropolitanos más poblados hacia los corredores metropolitanos y ejes viarios; y la descentralización del empleo industrial hacia los ejes de la segunda corona metropolitana de Barcelona.

El **aumento de la interacción espacial** obedece tanto a razones de mejora en la oferta de infraestructuras de transporte y comunicaciones como al desarrollo de un nuevo modelo de producción crecientemente segmentado y flexible que genera aumentos adicionales en la demanda de movilidad. El área metropolitana de Barcelona ha crecido en extensión al incorporar municipios cada vez más alejados del núcleo central.

¿Cómo podemos medir este cambio de escala? La aplicación de los criterios estadísticos norteamericanos de delimitación de áreas metropolitanas permite medir con precisión el crecimiento real del área metropolitana (tabla 1)². De acuerdo con la información del censo, en 1986 el área metropolitana de Barcelona estaba formada por 90 municipios, 3,57 millones de habitantes y 1.04 millones de ocupados. En 1996 el área se amplía a más de 200 municipios, 4,35 millones de habitantes y 1,55 millones de puestos de trabajo. Las previsiones obtenidas en diversas simulaciones indican que el área metropolitana seguirá extendiéndose, y que entre el año 2000 y el 2001 podría alcanzar los 4,9 millones de habitantes y más de dos millones de empleos³.

² Metodología iterativa utilizada durante los años 90 por el *Federal Register* (<http://www.census.gov/>). En diciembre de 2000 se aprueba una nueva revisión de la metodología para la definición de las áreas estadísticas, aunque no ha sido utilizada en este estudio. Los resultados de la presente investigación difieren de los mostrados por Clusa y Roca Cladera (1997), cuando delimitan la región metropolitana de Barcelona. Las principales diferencias provienen de los mencionados autores intentan ajustar en el resultado final la región metropolitana con el ámbito delimitado por siete comarcas: Barcelonés, Baix Llobregat, Garraf, Alt Penedès, Maresme, Vallès Oriental y Vallès Occidental. En nuestro estudio, los criterios de contigüidad se aplican de manera más relajada, puesto que el objetivo no es formar un área cerrada y bien definida, sino delimitar el ámbito de la interacción.

³ Las simulaciones se han realizado extrapolando la variación en la movilidad entre 1991 y 1996, y multiplicándola por un factor de escala. Se controla que el número total de trabajadores sea similar al esperado para los mismos años.

Este cambio de escala consolida Barcelona como una de las seis metrópolis más pobladas de la Unión Europea. Las metrópolis de Madrid y Barcelona forman parte del primer rango dentro del sistema de ciudades de España, con un contingente de población y de actividad prácticamente idénticos.

En la misma dirección de cambio de escala, las áreas metropolitanas de Tarragona-Reus-Valls (El Camp de Tarragona), Lleida y, en menor medida, Girona y Manresa, han visto crecer significativamente su área de influencia:

- El Área Metropolitana del Camp de Tarragona comprende en 1996 alrededor de 70 municipios, 312.000 habitantes y 115.000 puestos de trabajo.
- El Área Metropolitana de Lleida comprende en 1996 más de 50 municipios, 176.000 habitantes y 63.000 empleos.
- El Área Metropolitana de Girona incluye en 1996 a 62 municipios, 191.000 habitantes y 77.000 empleos.
- El Área Metropolitana de Manresa incluye en 1996 a 31 municipios, 149.000 habitantes y 50.000 ocupados.

Con relación a la dirección de este crecimiento, en el área metropolitana de Barcelona es más intenso hacia el suroeste (Tarragona) y el oeste (Lleida) que hacia el norte (Girona) y el oeste (Manresa). En particular se detecta un rápido proceso de interacción con el área del Camp de Tarragona, así como con el núcleo central del área metropolitana de Lleida. En términos físicos, a pesar de la existencia de relaciones de red entre los municipios catalanes, el proceso de integración de los mercados de trabajo se construye sobre la base de un intenso proceso de ocupación del suelo alrededor de los grandes ejes viarios de Cataluña. Se trata del fenómeno conocido como *sprawl* urbano⁴.

⁴ El término inglés *sprawl* (extensión) se refiere al crecimiento descontrolado o excesivo de la extensión de los núcleos urbanos caracterizado por un modelo de bajas densidades.

Tabla 1. Áreas metropolitanas de Cataluña 1986, 1991 y 1996

Variable Área	No contigüidad espacial ¹		Contigüidad espacial ²	
	1986	1991	1986	1991
Nº de municipios Barcelona			90	
			157	
			252	
			88	
			144	
			218	
Girona			41	
			58	
			62	
			39	
			58	
			62	
Lleida			16	
			45	
			59	
			16	
			40	
			54	
Manresa			17	
			26	
			31	
			16	
			25	
			31	
Tarragona			17	
			56	
			71	
			15	
			53	

	68
Población Barcelona	3.577.469 4.182.769 4.359.596 3.577.175 4.180.013 4.351.700
Girona	123.714 170.957 191.688 123.455 170.957 191.688
Lleida	128.774 157.123 177.934 128.774 156.405 176.251
Manresa	101.746 141.183 149.144 101.707 141.150 149.144
Tarragona	220.781 282.355 312.933 220.480 282.147 312.751
Ocupación Barcelona	1.039.151 1.555.414 1.557.517 1.039.080 1.554.804 1.555.337
Girona	45.145 71.719

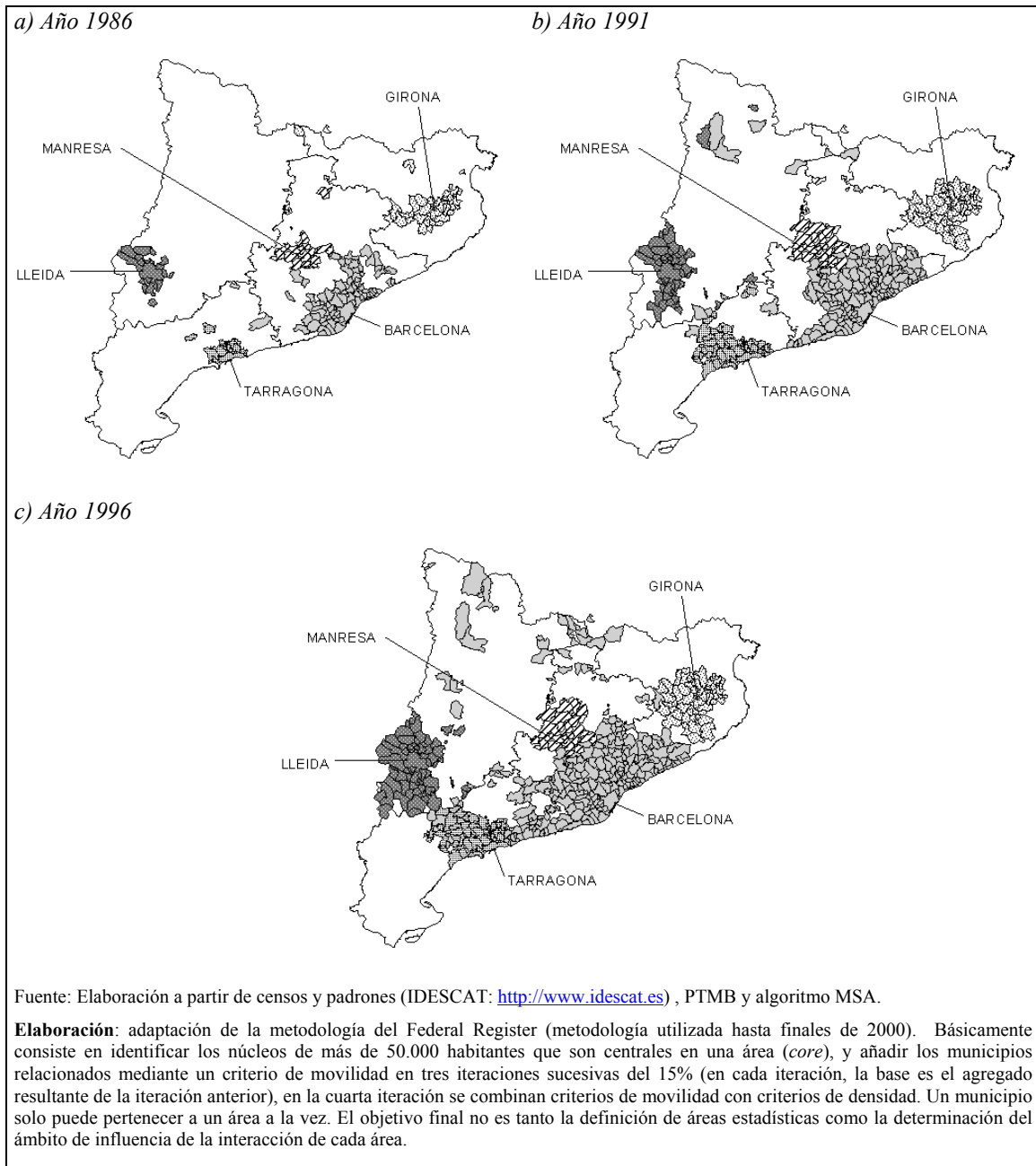
	77.068
	45.092
	71.719
	77.068
Lleida	
	40.742
	57.686
	63.450
	40.742
	57.512
	63.152
Manresa	
	31.004
	48.920
	50.296
	30.984
	48.883
	50.296
Tarragona	
	65.972
	99.430
	115.473
	65.897
	99.372
	115.446
<p>¹ Indica que no se ha considerado contigüidad espacial</p> <p>² Indica que se ha considerado contigüidad espacial (orden 1 y eventualmente 2).</p> <p>Fuente: Elaboración a partir de censos y padrones (IDESCAT: http://www.idescat.es), PTMB y algoritmo MSA años 90 (http://www.census.gov/).</p> <p>Elaboración: Las áreas urbanas se elaboran a partir de una adaptación de la metodología del <i>Federal Register</i> (metodología utilizada hasta finales de 2000). Básicamente consiste en identificar los núcleos de más de 50.000 habitantes que son centrales en una área (<i>core</i>), y añadir los municipios relacionados mediante un criterio de movilidad en tres iteraciones sucesivas del 15% (en cada iteración, la base es el agregado resultante de la iteración anterior), en la cuarta iteración se combinan criterios de movilidad con criterios de densidad. Se ofrecen los resultados de no considerar contigüidad espacial y de considerar contigüidad espacial de orden 1 (eventualmente 2). Un municipio solo puede pertenecer a un área a la vez. El objetivo final no es tanto la definición de áreas estadísticas como la determinación del ámbito de influencia de la interacción de cada área.</p>	

Es de prever que el aumento de la actividad económica y el empleo que han experimentado el conjunto de las áreas estudiadas entre 1996 y 2001, se traduzca en un aumento en la interacción espacial y en un reforzamiento de su carácter metropolitano.

Sobre una hipótesis conservadora de crecimiento de la movilidad intermunicipal entre 1996 y 2001 similar al experimentado entre 1991 y 1996, Barcelona y el Camp de Tarragona compartirán en muy pocos años un mismo espacio metropolitano, estando muy cerca de la integración también el área metropolitana de Girona. Las ciudades de

Manresa, Igualada y Vic, y sus zonas de influencia estaban ya en 1996 prácticamente en el límite de la integración en el mismo ámbito metropolitano de Barcelona. El fenómeno de la conversión de la segunda residencia en residencia permanente permite explicar una parte importante del aumento de la interacción espacial metropolitana, incorporando municipios muy alejados al mercado de trabajo integrado.

Figura 1. Áreas metropolitanas de Cataluña



La construcción del tren de alta velocidad que unirá las cuatro áreas metropolitanas permitirá incrementar la movilidad en el conjunto de la red de ciudades de Cataluña, reforzando sus núcleos y zonas más próximas. En consecuencia, se está muy cerca de la

construcción efectiva de un nuevo modelo territorial de Cataluña, que integrará en un mismo espacio de relaciones diarias de movilidad obligada por trabajo a un 90% de la población de Cataluña. Este fenómeno plantea nuevos retos a la organización territorial de Cataluña. Como veremos a continuación, la noción de red de ciudades parece mucho más adecuada que la noción de región homogénea como instrumento de análisis y de intervención territorial.

2. POLICENTRISMO, ESPECIALIZACIÓN Y DIVERSIDAD

La literatura sobre estructura espacial de las áreas urbanas ha subrayado en los últimos años la importancia de los fenómenos de descentralización y de creación de subcentros en las metrópolis avanzadas. Mills (2000) ha señalado que el futuro de la investigación en economía urbana reside precisamente en la elaboración de una síntesis acerca de cómo se forman y crecen los subcentros en los espacios metropolitanos⁵. La literatura teórica tiene en cuenta sobre todo los procesos urbanizadores en las metrópolis americanas, y no se plantea de forma sistemática el caso europeo más común en que la dinámica descentralizadora de las metrópolis incorpora dentro del ámbito metropolitano ciudades preexistentes.

La metrópolis europea policéntrica constituye un objeto de estudio apropiado para la economía urbana aplicada, porque propone una interpretación de la dinámica metropolitana que parte de la base que ésta no opera sobre periferias vacías, sino que opera sobre un sistema urbano exterior en el que preexisten ciudades dotadas de trayectoria urbana previa y que son alcanzadas por el crecimiento metropolitano.

Por ejemplo, la formación del sistema económico-territorial de Barcelona presenta una larga trayectoria histórica. Las investigaciones de García Espuche (1998) detectan cambios importantes en el territorio catalán que se plasman en la formación de un sistema de ciudades especializado, donde destaca la complementariedad a nivel del sistema urbano, entre Barcelona y ciudades como Sabadell, Terrassa, Vilafranca del

⁵ Mills (2000, pág.37) advierte que este proceso puede ir acompañado de considerables reducciones en los tiempos destinados a los trayectos residencia-trabajo si los gobiernos toman decisiones apropiadas. En consecuencia, el interés de estos estudios no es sólo analítico sino praxeológico.

Penedès o Mataró. Algunos de estos núcleos especializados se convertirán en los actuales subcentros de la metrópolis de Barcelona.

Es todavía pronto para plantear una teoría general de la ciudad policéntrica⁶; en consecuencia se impone el estudio de casos relevantes que partan de supuestos que sean cercanos a la realidad existente.

El **policentrismo** se define como la tendencia de la población y la actividad económica a aglomerarse de forma significativa en algunos núcleos del sistema urbano con capacidad para ejercer influencia sobre la estructura urbana.

Existen diferentes criterios para **identificar los subcentros urbanos**, los más comunes son la inspección visual de mapas de densidad, la definición por tamaño y especialización del empleo, y la especificación de umbrales mínimos de densidad (Cervero y Wu, 1997).

A efectos de la presente investigación se han considerado dos criterios para identificar los subcentros⁷:

- a) Ser el primer destino externo donde van a trabajar diariamente los trabajadores de otros municipios (como mínimo de dos municipios);
- b) Concentrar como mínimo 10.000 puestos de trabajo en el municipio⁸.

En la figura 2 se observa la configuración policéntrica del territorio a partir de ambos criterios. El criterio de movilidad laboral remarca sobre todo el carácter policéntrico de los núcleos externos a la región metropolitana de Barcelona, ya que en la parte central, Barcelona absorbe muchos de los primeros flujos. El criterio de ocupación revela la existencia de más de 30 municipios que superan los 10.000 ocupados localizados en el

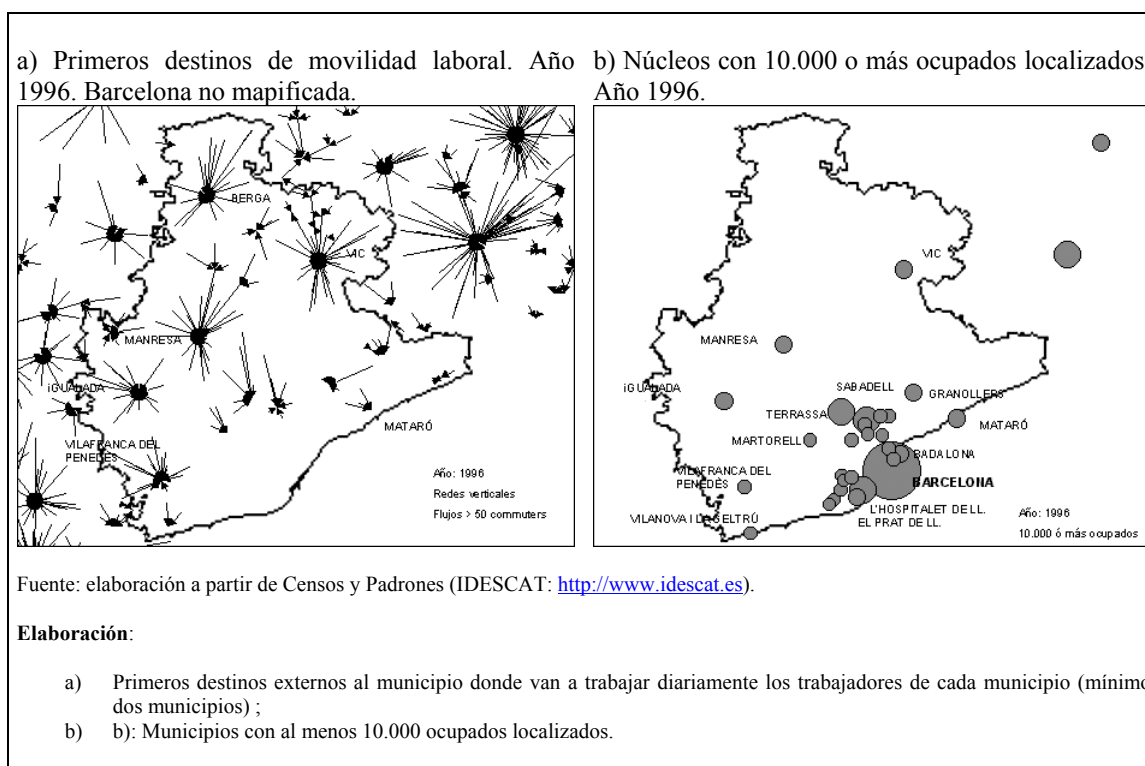
⁶ Véase Alex Anas, Richard Arnott y Kenneth A. Small (1998, pág.1440). Estos autores subrayan la importancia de la literatura aplicada en el avance del análisis económico de la ciudad policéntrica. De acuerdo con sus investigaciones la existencia de subcentros afecta tanto a las ciudades nuevas como a las ciudades antiguas, y sus características dependen mucho del grado de detalle que es posible alcanzar en las investigaciones aplicadas.

⁷ Estos dos criterios se utilizan en la base de indicadores “Indicadors Economics i Territorials 2002”.

⁸ El umbral de 10.000 ocupados es utilizado por Giuliano y Small (1991) en conjunción con un criterio de densidad de ocupación. Este criterio es uno de los más comunes en los trabajos citados por Cervero (1997), y Anas, Arnot y Small (1998).

año 1996. Una parte de estos municipios son contiguos a Barcelona, como l’Hospitalet de Llobregat y Badalona, mientras que otros se distribuyen más alejados de ella, como Igualada, Manresa, Vic, Sabadell, Terrassa, Mataró, Granollers, Vilanova i la Geltrú, y Vilafranca del Penedès. En total, todos estos municipios concentran prácticamente el mismo volumen de ocupación que Barcelona (622.139 ocupados frente a los 657.383 de Barcelona)⁹, y muchos de ellos, incluyendo Barcelona, contienen especializaciones concretas en algunos sectores productivos. Si se consideran ambos criterios conjuntamente, se identificarían como subcentros metropolitanos Barcelona, Mataró, Granollers, Sabadell, Terrassa, Martorell, Vilafranca del Penedès, y Vilanova i la Geltrú. En el resto de la provincia de Barcelona aparecen también como subcentros Igualada, Manresa y Vic. Como hemos visto, muchos de estos municipios eran ya centros manufactureros especializados en el siglo XVI.

Figura 2. Policentrismo



Cuando la producción se encuentra concentrada en el territorio operan un tipo de ventajas llamadas **economías de aglomeración** (Hoover 1937). Las economías de aglomeración pueden ser internas o externas a la empresa. En el primer caso se las denomina genéricamente “economías” internas”, y en el segundo caso “economías

⁹ Ocupación localizada en 1996, a partir de Censos y Padrones (IDESCAT: <http://www.idescat.es>).

externas”. Las economías de aglomeración **externas** pueden ser de dos tipos: economías de localización y economías de urbanización¹⁰.

Entre otros factores, la existencia de “economías de localización” suele asociarse con la presencia de fuertes especializaciones sectoriales a nivel local. Las **especializaciones sectoriales** en un municipio pueden detectarse utilizando un doble filtro: un coeficiente de localización zonal mayor de 1,1, y un índice de concentración del sector mayor del 5% sobre base región metropolitana, provincia de Barcelona, o Cataluña¹¹. Utilizando conjuntamente estos dos criterios, se identifican concentraciones especializadas en Martorell (automóvil), Cerdanyola (educación) y el Prat del Llobregat (transporte). En estos municipios existen grandes implantaciones industriales (SEAT-Volkswagen) o terciarias (UAB, aeropuerto). Alternativamente presentan también elevados coeficientes de localización municipios como Mataró (textil), Terrassa (textil) o Sabadell (textil, mediación financiera y metalurgia)¹². La ciudad de Barcelona presenta también elevados coeficientes de especialización zonal en actividades terciarias como la mediación financiera o en actividades inmobiliarias.

La presencia de especializaciones importantes en algunos municipios no debe confundirse con que se trate de municipios monoespecializados. Más bien al contrario, los subcentros presentan coeficientes de diversidad superiores a la media, lo que denota que **su estructura productiva está fuertemente diversificada**¹³. La diversificación de la estructura productiva se asocia (junto con la dimensión del municipio) con la generación de “economías de urbanización” (Jacobs 1969). De esta manera, se

¹⁰ Las **economías de localización**, también denominadas economías externas a la empresa e internas a la industria, son ventajas derivadas de la localización concentrada de empresas pertenecientes a la misma industria o sector productivo. Las **economías de urbanización** plantean mayores problemas de acotación que las economías de localización. En general, existe el consenso de que se trata de economías externas a la industria (sector) e internas al área de análisis es decir, espacialmente localizadas. Estos conceptos se detallan en Hoover (1937, p.89-93). Para una revisión más reciente de los mismos puede consultarse Camagni (1992, p.56-67).

¹¹ El coeficiente de localización zonal se define como $CLz_{ij} = (E_{ij}/E_j)/(E_i/E)$ donde E es el empleo, i el municipio y j el sector. Cuando el coeficiente es mayor que 1, indica una concentración especializada del sector en el municipio. El coeficiente de concentración se define como $CE_{ij} = E_{ij}/E_j$. El coeficiente de concentración se utiliza para eliminar aquellos casos en los que el coeficiente de localización zonal muestran especializaciones irrelevantes, generalmente en municipios muy pequeños.

¹² Estos municipios muestran un tamaño de muy reducido de sus empresas y establecimientos productivos, lo que significa que abunda la pequeña y mediana empresa.

demuestra que la existencia de importantes especializaciones locales no es opuesta a la diversificación de la estructura global del municipio. Se trata, por tanto, de subcentros con una estructura productiva diversificada y que contienen una o más especializaciones en sectores concretos.

¹³ La diversidad se ha medido con un índice de de Hirschmann-Herfindahl $HHI = \sum_j (E_{ij}/E_j)^2$, donde i es el municipio, y j es el sector de actividad.

3. REDES DE CIUDADES

Hasta ahora hemos visto como los municipios de Cataluña forman áreas metropolitanas, de las cuales la mayor es la de Barcelona. Sin embargo, las áreas metropolitanas no son concentraciones urbanas compactas y homogéneas. En su interior existen algunos municipios especialmente importantes que actúan como subcentros, y que contienen especializaciones sectoriales relevantes a la vez que una estructura productiva diversificada. La economía urbana tradicional relaciona características como la especialización, la dimensión urbana y la diversidad con la generación de economías externas de localización y urbanización. Otro tipo de ventajas se deriva de la organización del sistema de ciudades. La **teoría de las redes de ciudades** estudia como se relacionan los municipios del sistema urbano para generar lo que se conoce como “externalidades de red”.

3.1. ¿Qué son las redes de ciudades?

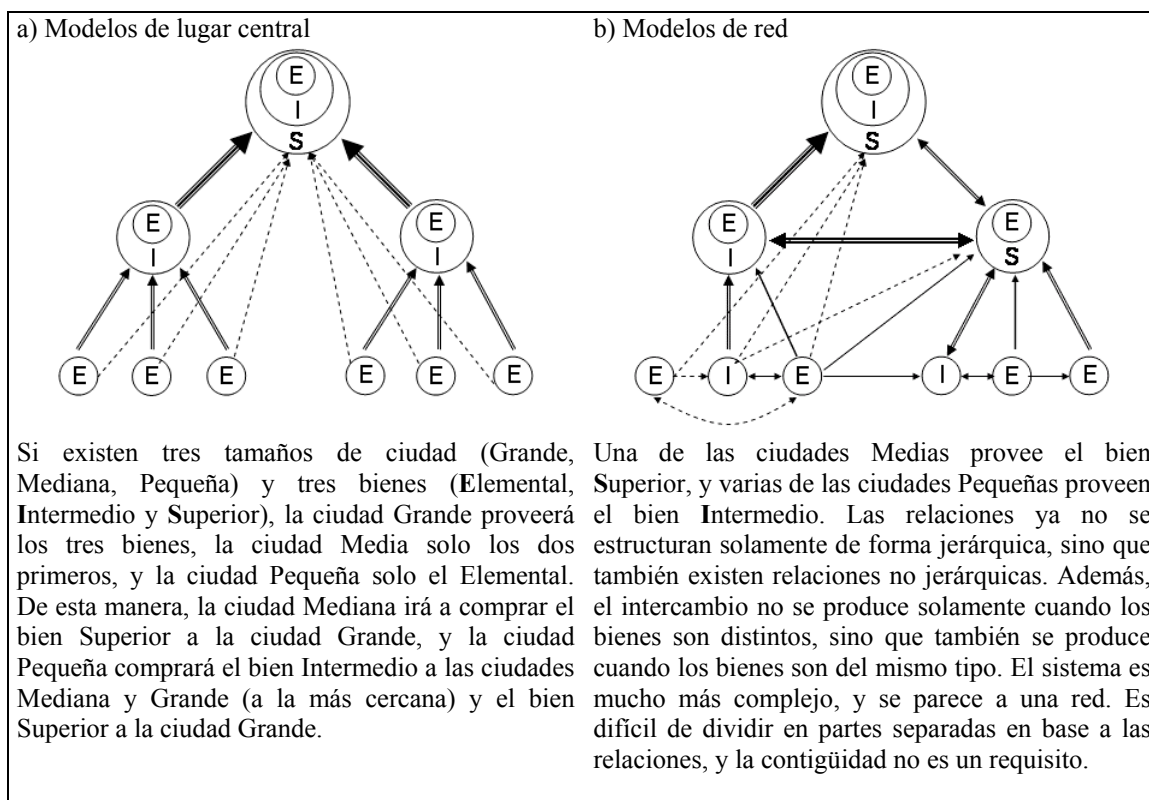
La economía urbana y la geografía económica utilizan el término “redes de ciudades” para referirse a una interpretación de la economía en el espacio en la cual las ciudades (municipios) se encuentran conectadas por relaciones de naturaleza socioeconómica (*links*), y se intercambian flujos de distintos tipos, sustentados sobre infraestructuras de comunicaciones y telecomunicaciones.

La teoría de las redes de ciudades sustituye a los llamados “modelos de lugar central”, derivados de los trabajos de Christaller (1933), y muy utilizados entre los años 60’s y mediados de los 80’s. Los trabajos de Christaller proponen que las relaciones entre las ciudades se basan en la existencia de una jerarquía de centros, en la cual las ciudades más grandes contienen todas las funciones, incluyendo las superiores, y los centros de

menor rango dependen de ellos¹⁴. Sin embargo, no explican por qué existen relaciones económicas importantes entre municipios del mismo tamaño, ni por qué se localizan funciones de alto nivel en ciudades medias¹⁵.

La teoría de las redes sugiere que las relaciones pueden funcionar de forma jerárquica, como en el modelo de lugar central. Sin embargo, también observa que pueden existir funciones de alto rango en ciudades (municipios) medianos y pequeños. Las relaciones entre ciudades (municipios) no tienen por qué darse solo entre ciudades de diferente tamaño, sino que a menudo se observan también entre ciudades del mismo tamaño. Estas relaciones se establecen tanto cuando las funciones de las ciudades son diferentes, como cuando son similares.

Figura 3. Representación estilizada de los modelos de lugar central y los modelos de red



¹⁴ Las teorías sobre modelos de lugar central se originan en Alemania entre la primera y segunda mitad del siglo XX con los trabajos de Christaller (1933) y Lösch (1940), y son a su vez continuadores de los trabajos de von Thünen, Grandmann y Alfred Weber. Estos modelos serán desarrollados posteriormente por autores como Woldenburg, Timbergen, Beckmann y McPherson, Parr, White, Berry, Mulligan, Beguin, Allen y Sanglier y, en los últimos años por Fujita y Krugman, que los toman como base para la construcción de modelos económicos de equilibrio general basados en el territorio. Una aplicación de este principio a Cataluña lo encontramos en *L'Organització territorial de Catalunya* (Casasses y Clusa, 1981), donde se identifican las relaciones jerárquicas que orientan el sistema urbano catalán con el objetivo de dividirlo en regiones nodales.

¹⁵ Camagni y Salone (1993).

3.2. Externalidades de red

Al hablar del policentrismo hemos visto como existen un tipo de ventajas llamadas “economías de aglomeración”, y que derivan de la concentración de la población y la actividad en el territorio. Existen además otro tipo de ventajas, llamadas economías móviles (Robinson 1958) que no dependen exclusivamente de la proximidad (concentración espacial). Las redes de ciudades aportan un elemento adicional en la generación de ventajas, vinculadas no a la concentración de la actividad, sino a la organización del sistema urbano.

Las economías externas de red se generan cuando la interacción entre los agentes de dos o más ciudades, entre las cuales existe una relación de red, genera economías ventajas de no-mercado. La interacción puede generarse entre ciudades (municipios) cercanos, pero también espacialmente lejanos.

3.3. Tipos de redes de ciudades

Existen diferentes tipos de redes de ciudades. Las tipologías más utilizadas son la división entre redes horizontales, verticales y policéntricas (Dematteis, 1990 y 1991), y la distinción entre redes de sinergia y de complementariedad (Camagni y Salone, 1993). En Trullén y Boix (2001) se incorpora una clasificación adicional de las redes de ciudades, relacionada con la generación y transmisión de conocimiento.

3.3.1. Redes verticales y horizontales

Las “redes verticales o jerárquicas” son aquellas que se establecen entre nodos (municipios) de diferente rango, cuando algunos de los nodos dominan a los otros en el intercambio. Las “redes horizontales o heterárquicas” se establecen normalmente entre municipios del mismo rango, donde no existe dominancia. Adicionalmente, las redes horizontales también pueden establecerse entre municipios de diferente rango, siempre que no exista una relación de dominación¹⁶.

¹⁶ La existencia de redes horizontales supone uno de los puntos principales del paradigma de las redes de ciudades, y se aleja de los modelos de tipo Christalleriano (modelos de lugar central), donde las relaciones eran fundamentalmente entre municipios de diferente rango (jerárquicas).

Para identificar las redes verticales y horizontales se han utilizado datos de censos y padrones: población de derecho y movilidad laboral¹⁷. A partir de estos datos se implementa un procedimiento sencillo en tres pasos.

En primer lugar, se decide cuando existe una “relación de red” entre dos municipios. Para ello se utilizan los flujos de movilidad laboral. Se considera que un flujo $A \rightarrow B$ es significativo cuando es superior a 50 trabajadores¹⁸.

En segundo lugar, se asigna cada municipio a un “rango”. Los rangos se establecen a partir de la población del municipio. Se definen siete rangos, donde el nivel superior es ocupado en solitario por la ciudad de Barcelona.

En tercer lugar se comparan los rangos de origen y destino de los flujos. Podemos encontrar dos casos: que solo exista un flujo significativo $A \rightarrow B$ entre cada par de municipios, o que existan dos flujos significativos ($A \rightarrow B$; $B \rightarrow A$). En el primer caso, para un flujo único $A \rightarrow B$, cuando el rango del municipio de destino es superior al del municipio de origen (el municipio de origen es mayor que el de destino), se considera que la relación es jerárquica (red vertical). Cuando el rango de ambos municipios es el mismo, o el rango de A es superior al de B, se considera que la relación es no jerárquica (red horizontal). En el segundo caso (existen flujos significativos simultáneamente de A a B, y de B a A), si los municipios son del mismo rango, hacemos el supuesto de que la relación jerárquica domina a la horizontal, y por tanto se asigna como relación jerárquica.

El procedimiento se aplica al total de municipios de Cataluña. El mayor número de relaciones de la red es de tipo vertical (alrededor del 66%). La subred más densa se concentra en la parte central de la región metropolitana de Barcelona (entre Mataró, Granollers, Sabadell, Terrassa, Martorell y Gavà-El Prat de Llobregat). En esta subred

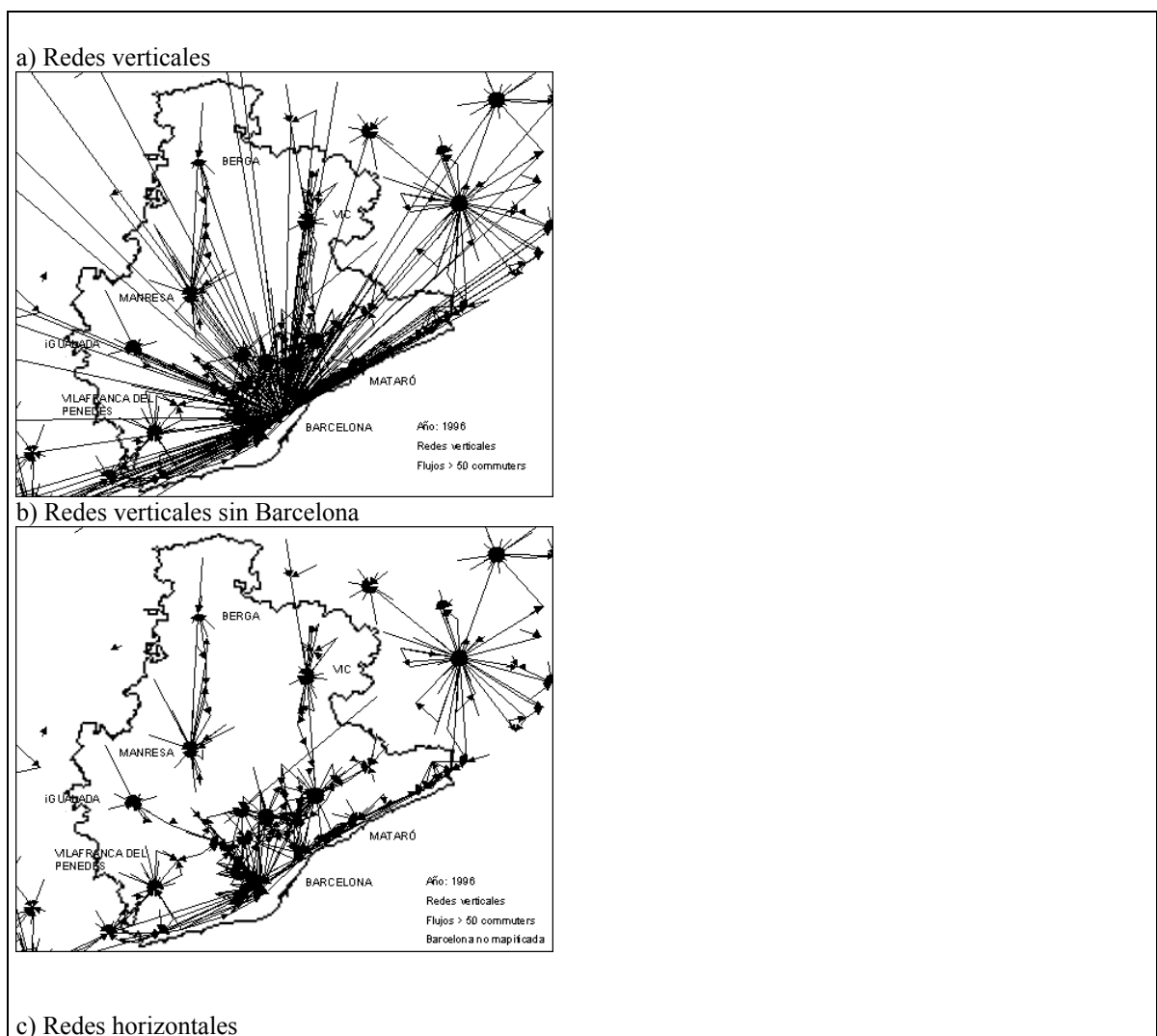
¹⁷ Para identificar con precisión las redes de ciudades serían necesarios diferentes tipos de datos de flujo: movilidad de personas, comunicaciones, transporte de mercancías, comercio, vínculos empresariales, relaciones personales, etc. La falta otro tipo de datos disponibles hace que se utilice como única *proxy* la movilidad laboral. Sin embargo tiene la ventaja de facilitar la comparabilidad con los procesos de identificación de áreas metropolitanas y policentrismo.

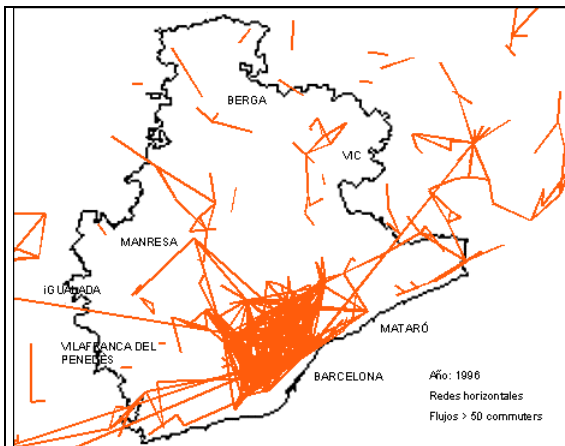
¹⁸ Se ha probado con otros umbrales de significatividad, como mínimos de 100 ó 200 *commuters*. Las tendencias reveladas por los datos no varían significativamente con estos umbrales.

abundan las ciudades de dimensión mediana, y es donde se concentra la mayor cantidad de redes horizontales del sistema. Estos municipios no solo interactúan con los centros de jerarquía superior, sino que son emisores y receptores multidireccionales.

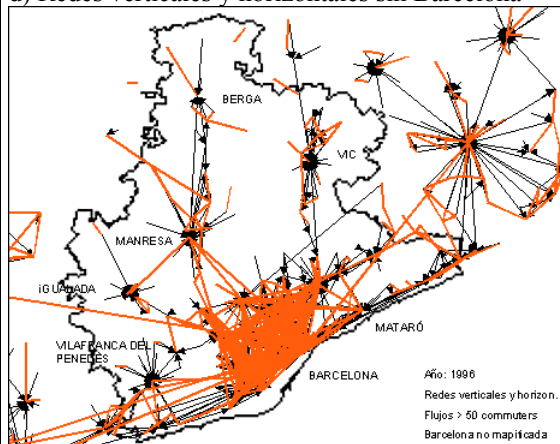
En el resto del sistema, las redes horizontales otorgan mayor cohesión al sistema que si las relaciones fueran estrictamente jerárquicas, puesto que constituyen el 34% de las relaciones totales del sistema.

Figura 4. Flujos de movilidad laboral por destino y jerarquía. Filtro de 50 commuters. Año 1996





d) Redes verticales y horizontales sin Barcelona



Fuente: Elaboración a partir de Censos y Padrones (IDESCAT: <http://www.idescat.es>).

Elaboración: Se sigue la siguiente secuencia:

1. Establecer qué flujos son directores y/o significativos
2. Identificar el rango de los nodos
3. Comparar cada diada (relación entre pares de nodos) en función de los rangos de los municipios, estableciendo si la relación es horizontal o vertical.

3.3.2. Redes de sinergia y complementariedad

Las redes de sinergia y complementariedad (Camagni y Salone, 1993) se relacionan con las características productivas y funcionales de cada municipio dentro de la red. Las **redes de sinergia** se dan entre municipios con orientaciones productivas o funciones muy similares. Las **redes de complementariedad** se dan entre municipios con orientaciones productivas o funciones diferentes.

Para identificar las redes de sinergia y complementariedad se han utilizado datos de censos y padrones: ocupación localizada por sector (222 sectores CNAE 93) y

movilidad laboral. A partir de estos datos se implementa un procedimiento en tres pasos.

En primer lugar, se decide cuando existe una “relación de red” entre dos municipios. Para ello se utilizan los flujos de movilidad laboral. Se considera que un flujo $A \rightarrow B$ o $B \rightarrow A$ es significativo cuando es superior a 50 trabajadores. En este caso, se considera indiferente que la relación se de de A a B, de B a A, o ambas a la vez.

En segundo lugar, necesitamos obtener el perfil productivo de cada municipio con relación a los otros. Para ello se utiliza la metodología multivariante “*cluster k-medias*”¹⁹, que permite identificar conjuntos de municipios con una estructura productiva similar (anexo 1). La metodología se aplica utilizando la estructura productiva del municipio como variables (porcentaje de cada sector sobre el total de la ocupación del municipio)²⁰.

En tercer lugar, se compara si cada par de municipios entre los que existe una relación de red pertenecen al mismo grupo. En caso de que pertenezcan al mismo grupo, se considera que la relación es de sinergia (relación entre municipios con estructuras productivas muy similares). Si pertenecen a grupos distintos, se considera que la relación es de complementariedad (relación entre municipios con estructuras productivas diferentes).

Las **redes de complementariedad** marcan la estructura policéntrica del sistema, dibujando figuras en forma de estrella alrededor de la mayoría de los subcentros, como Igualada, Manresa, Vic, Vilafranca del Penedès, Sabadell, Terrassa, Mataró y Granollers. En algunas subredes la estructura es en forma de malla, como en el corredor del Llobregat, desde El Prat hasta Martorell. Destaca la posición de Barcelona como centro complementario en la red de ciudades, complementándose tanto con ciudades cercanas, como con municipios de otras subredes. En total, el 47% de las relaciones de

¹⁹ El *k-medias* es un tipo de técnica *cluster* que tiene por objeto realizar una sola partición de los individuos (municipios) en *k* grupos, utilizando un algoritmo que permita formar conglomerados relativamente homogéneos a partir en las características de los individuos. La elección del procedimiento viene dada por el objetivo es identificar grupos de casos similares, a partir de datos numéricos y con un número de municipios elevado.

²⁰ Una vez asignado cada municipio a un grupo, para saber que sectores lo caracterizan respecto a los demás, puede realizarse un análisis de varianza (ANOVA).

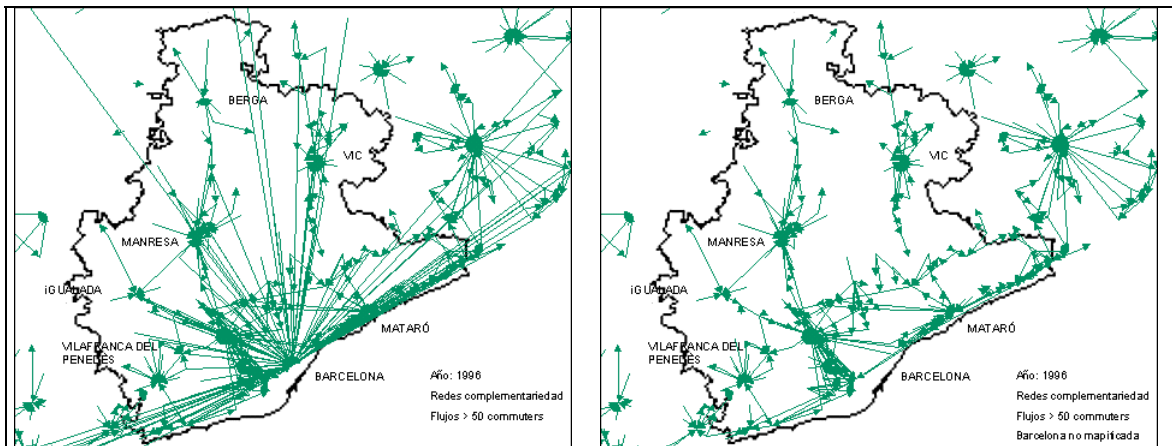
la red son de complementariedad. Los grupos cuyos municipios mantienen más relaciones de complementariedad con el resto son aquellos especializados en servicios; en construcción, hoteles y restaurantes; en textil; en actividades varias; en actividades primarias; y en turismo.

Las **redes de sinergia** se concentran especialmente en la parte central de la región metropolitana de Barcelona, donde los municipios tienen estructuras productivas muy similares, formando una densa red en forma de maya. También existen relaciones de sinergia centradas en Igualada, Manresa y Vic, y entre municipios de la red de Tarragona con los de la región metropolitana de Barcelona. De nuevo, Barcelona mantiene fuertes relaciones de sinergia con municipios de la región metropolitana, así como con otros municipios situados a mayor distancia, aunque la red central de la región metropolitana continua siendo fuertemente sinérgica al eliminar Barcelona. En total, el 53% de las relaciones de red son de sinergia, aunque un elevado número de municipios mantienen a la vez relaciones de sinergia y de complementariedad con otros municipios. El grupo que más relaciones de sinergia aporta se localiza en la región metropolitana de Barcelona, y su estructura sectorial es rica en servicios. Destacan también el textil, alrededor de Igualada, Manresa y Mataró, y los pequeños municipios de la costa especializados en turismo.

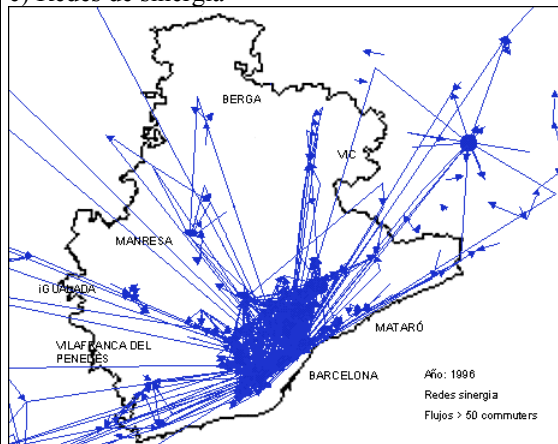
Adicionalmente, existe la posibilidad de desagregar las redes de complementariedad y sinergia en relación con la orientación jerárquica (verticales y horizontales). La mayor proporción de relaciones de la red son complementarias y verticales (35%), frente a un 32% de relaciones de sinergia verticales, un 21% de relaciones de sinergia horizontales, y un 13% de relaciones de complementariedad horizontales. Es decir, las relaciones de complementariedad tienden a ser mayoritariamente jerárquicas, en una proporción de casi 3 a 1. En las relaciones de sinergia, aunque también predominan las relaciones jerárquicas, la ratio es más equilibrada (1,5 a 1).

Figura 5. Redes de sinergia y de complementariedad. Filtro de 50 commuters. Año 1996

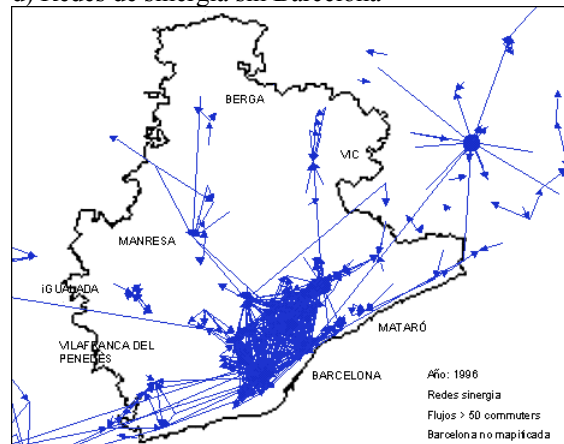
a) Redes de complementariedad	b) Redes de complementariedad sin Barcelona
-------------------------------	---



c) Redes de sinergia



d) Redes de sinergia sin Barcelona



Fuente: Elaboración a partir de Censos y Padrones (IDESCAT: <http://www.idescat.es>).

Elaboración: Se sigue la siguiente secuencia:

1. Establecer qué flujos son directores y/o significativos
2. Aplicar metodología *cluster k-medias*. Los municipios son los individuos, y la estructura sectorial del municipio actúa como variables.
3. Comparar cada díada (relación entre pares de nodos) en función del perfil de los municipios, estableciendo si la relación es de complementariedad (perfiles distintos) o de sinergia (perfiles idénticos)
4. OPCIONAL: Utilizar un análisis de varianza (ANOVA) para saber que sectores determinan el perfil de cada *cluster*.
5. OPCIONAL: Combinar con la metodología para identificar redes verticales y horizontales, para separar la sinergia y la complementariedad en redes verticales y horizontales

3.3.3. Redes de conocimiento

Las relaciones entre ciudades pueden especificarse en términos de flujos de conocimiento e información, a través de flujos de comunicaciones, de inversión o movilidad laboral. Un enfoque de este tipo permite analizar procesos de generación y difusión del conocimiento a través de la estructura urbana.

Los “modelos de lugar central” relacionan la producción de innovaciones con el rango de la ciudad en el sistema urbano (Webber, 1972). Por lo tanto, la cantidad de conocimiento acumulado se ordena de forma jerárquica de acuerdo con la población de cada ciudad, y las innovaciones y el conocimiento se difunden de forma jerárquica desde las ciudades (municipios) más grandes a los más pequeños. En cambio, en los “modelos de red”, la difusión del conocimiento puede realizarse no solo de forma vertical (jerárquica), sino también entre ciudades del mismo rango, y también desde ciudades de rango inferior a ciudades de rango superior (Trullén y Boix, 2001).

Para identificar las redes por conocimiento se ha utilizado la clasificación de sectores por intensidad de conocimiento de la OCDE (2001) y datos de movilidad laboral desagregados sectorialmente. El proceso es el siguiente:

En primer lugar, se aplica una adaptación de la clasificación de la OCDE (2001) para distinguir que sectores son intensivos en conocimiento (conocimiento alto) y cuales no (conocimiento bajo)²¹. Se agregan los flujos de movilidad sectorial en flujos por conocimiento alto y flujos por conocimiento bajo.

En segundo lugar, identificamos las relaciones de red entre dos municipios en función del conocimiento. Se considera que existe una relación de red por conocimiento alto entre dos municipios cuando existe un flujo ($A \rightarrow B$ o $B \rightarrow A$) de al menos 50 trabajadores por conocimiento alto. Se aplica lo mismo para los flujos de conocimiento bajo²². En este caso, entre dos municipios puede existir simultáneamente una relación de conocimiento alto y bajo.

²¹ La adaptación de la clasificación de la OCDE (2001) se explica con detalle en Trullén, Lladós y Boix (2002). Como sectores de conocimiento bajo se consideran los siguientes epígrafes de la CNAE 93: 01, 02, 05, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 36, 37, 40, 41, 45, 50, 51, 52, 55, 60, 61, 62, 63, 70, 75, 90, 91, 92, 93, 95 y 99. Como sectores de conocimiento alto se consideran los epígrafes: 24, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 64, 65, 66, 67, 71, 72, 73, 74, 80 y 85. Aunque se ha tomado como base la adaptación para operar con 60 sectores de la CNAE, por problemas de continuidad en las series de movilidad, se ha utilizado una reagregación a 31 sectores. Esto supone introducir dos cambios en los servicios, debido a la dificultad en desagregar: el sector de Correos y comunicaciones se incluye con los servicios de conocimiento bajo; y el sector de Actividades inmobiliarias se incluye con los servicios de conocimiento alto. De nuevo se considera que a una escala regional, los flujos de movilidad son buenos indicadores de la estructura urbana y son importantes para la transmisión de información y conocimiento.

Los resultados muestran que Barcelona es el mayor centro receptor de flujos, tanto de conocimiento alto como bajo. En los flujos de “conocimiento alto”, la mayor densidad de relaciones de red se encuentra en el arco metropolitano con centro en Barcelona y vértices en Mataró, Granollers, Sabadell-Terrassa, Martorell y Gavà. Otros flujos forman figuras con la apariencia de estrella alrededor de Manresa, Vic y Vilafranca del Penedès. La red por “conocimiento bajo” es más densa, y tiene una entidad propia aún sin Barcelona²³. Entre 1991 y 1996 se intensifican las relaciones entre las diferentes subredes.

Podemos separar las redes por conocimiento en verticales y horizontales. Tanto en las redes de conocimiento alto como en las de conocimiento bajo, el número de relaciones verticales es mayor que el de relaciones horizontales, siendo esta proporción mayor en la red de conocimiento alto (67% - 33%) que en la red de conocimiento bajo (62% - 38%). Esto sugiere que una parte del conocimiento se está transmitiendo en estructuras horizontales. Al incrementar el umbral de mínimo flujo significativo, la proporción de relaciones verticales incrementa entre un 8% (conocimiento alto), y un 6% (conocimiento bajo), lo que indica que la estructura vertical tiende a ser más robusta que la horizontal. Sin embargo, es complicado referir que un tipo de flujos (verticales u horizontales) sea más importante que el otro, puesto que el aprovechamiento de estos efectos externos no sólo depende de la intensidad del flujo, sino también de la capacidad del receptor para convertir este flujo en una ventaja diferencial. La tendencia sugiere también una mayor dependencia de la estructura urbana de Barcelona para la transmisión de flujos de información y conocimiento elevados, mientras que los flujos de conocimiento bajo dispondrían de una maya mejor tramada y con más opciones que aseguraran la difusión de la información.

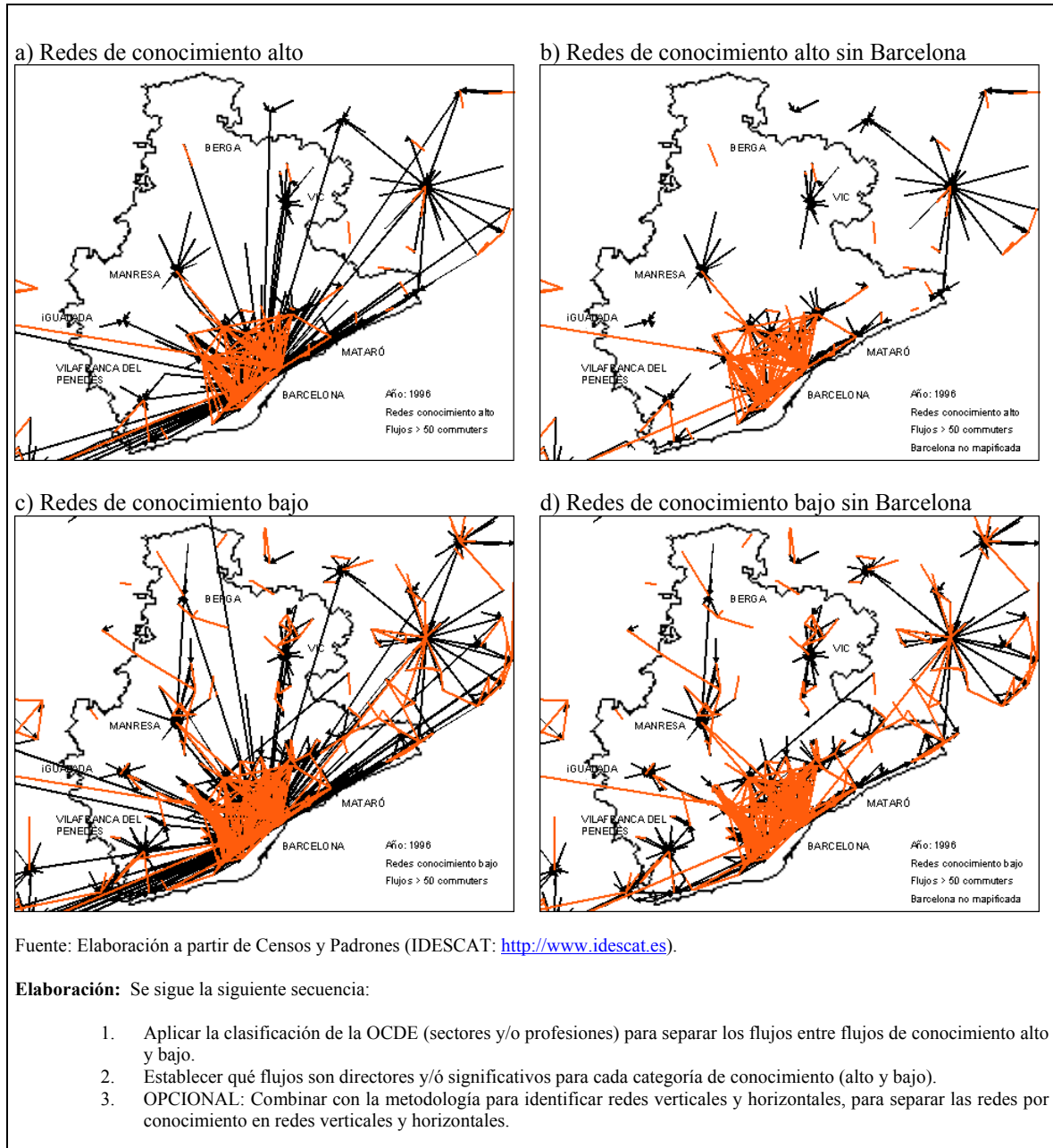
El número de relaciones de red horizontales es más denso en la región metropolitana de Barcelona, especialmente en la red de conocimiento alto. En la red de conocimiento bajo destaca sobre todo la capacidad de los flujos horizontales de conectar diferentes

²² Como en los casos anteriores, se ha probado con otros umbrales de significatividad, como mínimos de 100 ó 200 *commuters*. Las tendencias reveladas por los datos no varían significativamente con estos umbrales.

²³ En parte se debe a que la suma de flujos totales por conocimiento bajo tiende a ser mayor que la de conocimiento alto, al englobar mayor número de sectores.

subredes, y el tramado que aportan a otras subredes, como las de Manresa y Vic, que tienden a no conectarse directamente entre ellas.

Figura 6. Redes de conocimiento alto y bajo. Filtro de 50 commuters. Año 1996



4. CONCLUSIONES

La organización de la producción en el espacio-territorio se asocia con el crecimiento y el desarrollo económico. En la presente investigación se introducen tres elementos

complementarios para el estudio de la economía de la metrópolis de Barcelona: el área metropolitana, el policentrismo, y las redes de ciudades.

El concepto de área metropolitana responde a una forma de aglomeración más o menos compacta, y nos sirve para aproximar el cambio de dimensión de la metrópolis y la dirección del crecimiento. El área metropolitana policéntrica se forma y se expande debido al incremento en la interacción entre las ciudades que la componen. En 1996 el área metropolitana de Barcelona contiene más de 200 municipios, 3,5 millones de habitantes y 1,5 millones de ocupados. Esta área ha comenzado a integrarse con otras áreas metropolitanas de Cataluña. En los subcentros principales del área metropolitana se detectan importantes especializaciones sectoriales, así como una elevada diversidad productiva.

La articulación de las relaciones entre las ciudades y municipios que componen la metrópolis se analizan utilizando las teorías de redes de ciudades. Este análisis nos permite comprobar que coexisten relaciones jerárquicas con no jerárquicas, y que a partir de los perfiles productivos de los municipios, se establecen relaciones de complementariedad y de sinergia. La introducción de las categorías basadas en la economía del conocimiento intenta aproximar los canales por los que se difunde la información y conocimiento a lo largo de la red de ciudades.

A partir de la identificación de la metrópolis, sus subcentros principales y la red de ciudades, puede abordarse la medida de las economías externas. Los trabajos de medida que se están realizando (no incluidos aquí), muestran que la metrópolis de Barcelona genera en su interior potentes economías de concentración y de red, que se añaden a las economías internas generadas por las grandes empresas.

BIBLIOGRAFÍA

ANAS, Alex; ARNOT, Richard y Kennet SMALL (1998): "Urban spatial structure", *Journal of Economic Literature*, Vol.XXXVI, p.1426-1464.

ANDERSON, W.P.; KANAROGLOU, P.S.; y MILLER, E.J. (1996): "Urban form, energy, and tge Environment: A review of issues, evidence and policy", en *Urban Studies*, Vol. 33 nº 1, pp.77-35.

- CAMAGNI, Roberto y Carlo SALONE (1993): "Network Urban Structures in Northern Italy: Elements for a Theoretical Framework", *Urban Studies*, Vol. 30, No. 6, p. 1053-1064.
- CASASSES, Lluís y Joaquim CLUSA (1981): L'Organització territorial de Catalunya. Publicacions de la Fundació Jaume Bofill, Sant Joan Despi (Barcelona).
- CERVERO, Robert y K-L. Wu (1997): "Polycentrism, commuting, and residential location in the San Francisco Bay area", *Environment and Planning A*, vol.29, p.865-886.
- CHRISTALLER, Walter (1933): Die zentralen Orte in Süddeutschland. Publicada en 1968 por Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, Germany. Existe una traducción parcial del texto al inglés: "Central Places in Western Germany" (1968), a cargo de Baskin, y otra completa al italiano "Le località centrali della Germania Meridionale" (1980), a cargo de Elisa Malutta e Paola Pagnini.
- CÍRCULO DE ECONOMÍA (1993): Gestión o caos: el área metropolitana de Barcelona, Ariel.
- CLUSA, Joaquim y Josep ROCA CLADERA (1997): "El canvi d'escala de la ciutat metropolitana de Barcelona", en *Revista Econòmica de Catalunya*, nº 33.
- DEMATTEIS, Giuseppe (1990): "Modelli urbani a rete. Considerazioni preliminari", en F. CURTI y L. DIAPPI (a cura di) *Gerarchie e reti di città: tendenze e politiche*, Franco Angeli, Milano.
- DEMATTEIS, Giuseppe (1991a): "Sistemi locali nucleari e sistemi a rete. Un contributo geografico all'interpretazione delle dinamiche urbane", en C.S.BERTUGLIA y A. LA BELLA (a cura di) *I Sistemi Urbani*, Franco Angeli, Milano.
- DILLON, W. D. and Matthew GOLDSTEIN (1984): *Multivariate Analysis*. John Wiley & Sons.
- FONT, Antonio; LLOP, Carles y Josep M. VILANOVA (1999): La construcció del territori metropolità. Morfogènesi de la Regió Urbana de Barcelona. Area Metropolitana de Barcelona, Mancomunitat de Municipis.
- GARCÍA ESPUCHE, ALBERT (1998): Un siglo decisivo. Barcelona y Catalunya 1550-1640. Alianza Editorial, Madrid.
- GIULIANO G. y Kenneth SMALL (1991): "Subcenters in the Los Angeles Region", *Regional Science and Urban Economics*, nº 21, p.163-182.
- HALL, Peter (1997): "Modelling the post-industrial city", *Futures*, vol.29, nº 4/5, p.311-332.
- JACOBS, JANE (1969): *The economy of cities*. Johnatan Cape. London.
- LÖSCH, August (1940): *Die Räumliche Ordnung der Wirtschaft*. Gustav Fischer, Jena. Existe una traducción al inglés: "Lösch (1954): *The Economics of Location*. Yale University Press. New Haven". Existe una traducción al castellano a cargo de Guillermo H. Arnold y Freek Cassens, publicada por El Ateneo, Buenos Aires, 1957.
- MILLS, Edwin S. (2000): "A Thematic History of Urban Economic Analysis", *Brookings-Wharton Papers on Urban Analysis*.
- PARR, John B. (2002) : "Agglomeration economies; ambiguities and confusions", *Environment and Planning A*, nº 34, p.717-731.
- ROBINSON, Edward G. (1958): *The structure of competitive industry*. Cambridge Economic Handbooks. La primera edición es de 1931, aunque recogemos la revisión de 1958, en la reimpresión de 1970.
- TRULLÉN, Joan (1999): "Catalunya-ciutats", *Revista Econòmica de Catalunya*, nº 34.

TRULLÉN, Joan y Rafael BOIX (2001): “Economía della conoscenza e reti di città: Città creative nell’era della conoscenza”, *Sviluppo Locale*, vol. 8, nº 18.

TRULLÉN, Joan; LLADÓS; Josep y Rafael BOIX (2002): “Economía del conocimiento, ciudad y competitividad”, *Investigaciones Regionales*, nº1.

WEBBER, Michael J. (1972): *Impact of uncertainty on location*. MIT, Cambridge, Massachussets.

ANEXO I. DETALLES DE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA CLUSTER K-MEDIAS

1. El *k-medias* es un tipo de técnica *cluster* que tiene por objeto realizar una sola partición de los individuos (municipios) en *k* grupos, utilizando un algoritmo que permita formar conglomerados relativamente homogéneos a partir en las características de los individuos. El *k-medias* se basa en la salida al centroide más próximo, asignando cada individuo a un grupo en función de que su distancia con respecto al centro del conglomerado sea la mínima (Dillon y Goldstein 1984 p.186-187; Visauta 1998 p.194). La diferencia entre individuos se reduce a la distancia euclídea a partir de la información que proporcionan las variables. Las técnicas partitivas suponen que se predefine el número de grupos en los que se divide a los individuos. Dentro de las diferentes especificaciones del *k-medias*, el método utilizado actualiza los centros de los conglomerados de forma iterativa.

2. *Variables*: la estructura sectorial se introduce como variables. Cada sector, en porcentaje sobre el total de la ocupación del municipio, actúa como una variable. Se consideran 220 sectores de los 222 posibles (para los dos restantes no existen ocupados censados). Cada municipio es un individuo.

3. *Número de grupos*: el número de grupos debe determinarse a priori, aunque no existe un criterio claro para determinarlo. En este caso, se ha optado por un número alto de grupos, fijado en 50. Esto implica que, si todos los clusters tuvieran al final el mismo número de municipios, cada cluster constaría de 19 municipios. En la práctica, el número de individuos en cada grupo puede oscilar entre 1 y (N-k-1) municipios.

4. *Fiabilidad de los resultados*: el número de grupos de partida, así como la desagregación sectorial (número de variables) influye en el resultado final. Se realizó un análisis de sensibilidad cambiando el número de sectores y el número de grupos de partida. Los resultados se mostraron suficientemente robustos. Las distancias finales de cada individuo respecto al centro de su grupo permiten comprobar que la asignación final de municipios es adecuada. La distancia promedio al centro del conglomerado es de 13,5, y oscila entre cero (para los municipios que forman un grupo por sí solos), y 31,5.

5. *Caracterización de las diferencias entre-grupos*: después de identificar los grupos, un análisis de la varianza (ANOVA) permite conocer que variables (sectores productivos) ofrecen mayor dispersión entre ellos²⁴. Para caracterizar el perfil de los municipios de cada grupo en relación con los de los otros grupos, comparamos las desviaciones de cada grupo con respecto a la media de cada sector.

²⁴ El análisis de varianza (ANOVA) descompone la suma total de los cuadrados en dos componentes: la variabilidad intra-cluster (media cuadrática del factor) e inter-cluster (media cuadrática del error), el ratio entre ambas es la distribución *F*. Las variables con mayor capacidad de discriminación entre clusters son principalmente actividades manufactureras, a las que se añaden actividades primarias, extractivas y algunos servicios, como hoteles, prestación pública de servicios y administración pública. Las actividades de servicios avanzados muestran una menor capacidad explicativa en la caracterización del perfil del municipio.