

## CAPITULO 9 – CONCLUSIONES GENERALES

### 1. CONCLUSIONES GENERALES

---

A

1. Existe una relación causal entre la organización de las unidades urbanas formando redes de ciudades y la generación de economías externas que afectan al crecimiento y desarrollo económico.

\* \* \*

B

2. La economía puede interpretarse desde las ciudades (unidades urbanas), y éstas se organizan en redes a través de las cuales se intercambian personas, bienes, servicios, información, conocimiento, etc. Una red de ciudades es una estructura en la cual los nodos son las ciudades, conectadas por vínculos de naturaleza socioeconómica (*links*), a través de los cuales se intercambian flujos de distinta naturaleza, sustentados sobre infraestructuras de comunicaciones y telecomunicaciones. Las principales características de las redes de ciudades son la posibilidad de coexistencia de estructuras jerárquicas y no-jerárquicas, la cooperación entre ciudades y la generación de ventajas (externalidades) asociadas a la organización de la estructura urbana y la interacción entre sus nodos.

3. El uso de modelos interpretativos basados en la noción de red de ciudades ha dado lugar a la aparición de un nuevo paradigma de análisis, que se contrapone a los tradicionales, basados en el estudio de ciudades individuales o de áreas agregadas finitas. El interés en las redes de ciudades no se limita en explicar la disposición de los sistemas urbanos según un nuevo paradigma, sino que pretende contribuir a explicar los procesos de crecimiento y desarrollo urbano, generando diagnósticos más correctos y proporcionando instrumentos de política económica.

4. Existen casos documentados de redes de ciudades en algunas de las áreas económicas más importantes de las economías occidentales. El estudio de casos empíricos de redes de ciudades es relevante puesto que permite aprender cómo funcionan y observar sus características.

5. Existen economías internas y externas que propician ventajas diferenciales y procesos de rendimientos crecientes dentro y fuera de las empresas. Estas economías no se basan solamente en el concepto de escala, sino que además identificamos, como mínimo, el alcance (*scope*), los costes de transacción, y las economías derivadas de la información y el conocimiento.

Las economías internas y externas pueden ser inmóviles (Hoover) y móviles (Robinson). Los procesos que generan todos estos tipos de economías se transmiten a través de redes, bien dentro de la misma planta productiva, entre plantas productivas diferentes de la misma empresa, entre empresas diferentes, dentro de la misma ciudad, y entre ciudades diferentes.

Los instrumentos conceptuales de Hoover (1937), que tradicionalmente utiliza la economía urbana (economías internas de escala, economías de localización y economías de urbanización), están diseñados para analizar sectores con rendimientos decrecientes y espacialmente estáticos (el cuero y el calzado). Esta clasificación no es capaz de explicar satisfactoriamente actividades/procesos productivos basados en rendimientos crecientes y espacialmente móviles. Por tanto, es necesario repensar las externalidades urbanas e incluir las externalidades de red.

\* \* \*

C

6. La identificación de redes de ciudades y el contraste de la hipótesis de externalidades de red requieren la introducción de instrumental analítico específico y su utilización sobre un caso de estudio.

El caso analizado ha sido el de los municipios de Cataluña, para los cuales se ha encontrado evidencia de la existencia de redes de ciudades. El sistema urbano de Cataluña se compone de diferentes redes de ciudades entrelazadas, y que muestran estructuras en forma de estrella, de árbol y de malla. El nodo más importante de la red es Barcelona. Existe un conglomerado de municipios que forman una red extraordinariamente densa en el centro de la región metropolitana de Barcelona. Alrededor de Tarragona, Reus y Valls se identifica una estructura en forma de malla, aunque menos densa que la anterior. Otras redes locales, con formas más cercanas a estrellas o árboles, se localizan alrededor de Girona, Lleida, Igualada, Manresa, Vic, Berga y Vilafranca del Penedès.

Estas redes locales (subredes) se conectan entre ellas para formar un único sistema urbano por dos vías: la integración vertical a través de Barcelona, o siguiendo corredores que las conectan con independencia de Barcelona. En muchos casos, cuando se incrementa la exigencia en la fortaleza de la interacción, los flujos que actúan de puente entre diferentes redes tienden a desaparecer, y la integración se realiza mediante los flujos con Barcelona.

7. Se han podido establecer diferentes tipologías de redes a partir de la naturaleza de la interacción entre las unidades urbanas: redes verticales y horizontales, redes de complementariedad y sinergia, y redes de conocimiento.

7.a. 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 dominación

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 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. Otras estructuras fuertemente jerárquicas se observan alrededor de Girona y Lleida. 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.

7.b. Las “redes de complementariedad y sinergia” 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.

Las redes de complementariedad marcan la estructura policéntrica del sistema, dibujando figuras en forma de estrella alrededor de los subcentros. 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 la red son de complementariedad.

Las redes de sinergia se concentran en la parte central de la región metropolitana de Barcelona, donde los municipios tienen estructuras productivas muy similares, y forman una red densa 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. Barcelona mantiene fuertes relaciones de sinergia con municipios de la región metropolitana, así como con otros municipios situados a mayor distancia: La red central de la región metropolitana continúa siendo fuertemente sinérgica al eliminar Barcelona. El 53% de las relaciones de red son de sinergia, y un elevado número de municipios

mantienen a la vez relaciones de sinergia con unos municipios y de complementariedad con otros.

7.c. Las relaciones entre ciudades pueden especificarse en términos de flujos de “conocimiento e información”, en función de su relación con la ciencia y la tecnología. Este enfoque permite analizar procesos de generación y difusión del conocimiento a través de la estructura urbana. Se han separado tanto los flujos como las especializaciones de los centros para intentar identificar aquella red basada en la transmisión de flujos de ciencia y tecnología a partir de la adaptación de la nomenclatura de la OCDE 2001. Los resultados muestran una estructura parecida a la de la red principal, aunque con particularidades importantes. Destaca la importancia que podrían tener las relaciones horizontales entre municipios para la transmisión del conocimiento. Los municipios con especializaciones relevantes en actividades de conocimiento no basado en la ciencia y la tecnología, suelen coincidir con antiguos centros industriales, y con municipios donde el sector primario o las industrias extractivas y energéticas son importantes. Las actividades basadas en la ciencia y la tecnología se concentran e intensifican en un cluster alrededor de Barcelona. Algunos municipios, como Barcelona, L’Hospitalet y El Prat muestran especializaciones tanto en conocimiento alto como bajo.

8. Las externalidades derivadas de las redes de ciudades pueden explicitarse en un modelo económico junto con las economías de empresa y las economías externas de concentración. Este enfoque permite la comparación entre los tres tipos de efectos. El uso de técnicas de econometría espacial permite incorporar las economías de red en las estimaciones econométricas.

Los resultados de las estimaciones sugieren que existen economías y deseconomías causadas por los tres grupos de variables: empresa, concentración y red. La intensidad y signo de estos impactos varía en función del sector de análisis y la especificación de la red de ciudades. Para la red principal y un modelo de crecimiento sectorial, las elasticidades suelen situarse en el intervalo entre  $\beta = 0,07$  y  $\beta = 0,20$  para el efecto del crecimiento de la ocupación en el sector en otros municipios de la red, y entre  $\beta = -0,17$  y  $\beta = 0,19$  para los factores localizados en otros municipios. Al desagregar la red principal según la naturaleza de los flujos, se observan externalidades de red en redes verticales y horizontales, y en redes de complementariedad y sinergia.

Por lo tanto, en las redes de ciudades se generan economías de red, y éstas deben ser tenidas en cuenta como una fuente adicional de economías en la producción.

9. Si no se tiene en cuenta la existencia de economías de red, los análisis de los factores del crecimiento urbano pueden resultar sesgados e inconsistentes, y por lo tanto pueden inducir a conclusiones erróneas. Asimismo, si esta fuente de economías está presente, debe tenerse en cuenta cuando se diseña una estrategia de política económica, tanto por el impacto que pueden tener, como por la posibilidad de utilizarlas como un instrumento para estas políticas. Las políticas basadas en las redes de ciudades pueden enfocarse a reforzar las redes existentes y a crear otras de forma planificada.

## 2. PROPUESTAS DE AMPLIACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

---

Los resultados de la investigación sugieren que debe avanzarse tanto en la parte teórica como en la obtención de resultados empíricos.

A

1. Desde el punto de vista teórico, los caminos más evidentes sugieren en primer lugar la elaboración de nuevos modelos de crecimiento incorporando las redes de ciudades. Los modelos mostrados en el capítulo 1 resultan limitados en cuanto a la capacidad explicativa. Sin embargo, como se desprende de los trabajos citados de Fujita, Krugman y Mori utilizando modelos de lugar central, la complejidad que introducen las estructuras en red en los modelos de equilibrio general puede resultar extrema. Las sugerencias sobre modelística se extienden a los modelos de generación y difusión de conocimiento.
2. La aproximación microeconómica y de ciudad a las economías externas en redes de ciudades puede desarrollarse para recoger aspectos explícitos no tratados en la presente investigación. Además, se desprenden interesantes discusiones, derivadas de las aproximaciones a la economía urbana desde posiciones “marshallianas” frente a las “weberianas”.
3. Los factores que afectan a la generación de economías externas de red, expuestos en el capítulo 2 (p.63-78) pueden ser desarrollados y detallados.

\* \* \*

B

Desde el punto de vista aplicado también se sugieren varios caminos a explorar:

4. La precisión en la identificación de las redes se vincula con el incremento de la información estadística y el refinamiento de las metodologías introducidas para captar la red y sus diferentes tipologías. La identificación precisa de las redes también permitirá resultados más precisos en las estimaciones, relacionados con la especificación de las matrices de contactos.
5. Otro de los puntos que no se ha tratado es identificar son los factores que determinan la existencia de un vínculo de red, y la intensidad del mismo. Estos factores pueden ser geográficos (distancias, orografía), cognitivos, perfiles económicos, infraestructuras, instituciones, etc. Su conocimiento es importante si en el futuro se quieren aplicar políticas destinadas a fomentar las redes de ciudades.
6. El uso del censo de 2001 (cuando esté disponible) permitirá eliminar algunos problemas relacionados con la desagregación sectorial y ampliar el horizonte temporal.

7. El trabajo para construir bases de datos homogéneas con datos desagregados a nivel de empresa permitiría una aproximación robusta desde el punto de vista de la producción y la productividad, así como de la eficiencia y la competitividad. Este trabajo puede partir de los resultados de la presente investigación.
8. Resulta de interés la ampliación del ámbito de análisis, introduciendo los municipios de otras regiones. Esto permite contrastar conjuntamente los efectos, así como confrontarlos por separado. Cuanto mayor sea la cantidad y diversidad de las regiones introducidas, más elevada será la capacidad de generalizar los resultados.
9. Una vez identificadas las redes intra-regionales, también resulta interesante identificar las redes de ciudades inter-regionales, y el impacto que tienen sobre los procesos de generación de externalidades y de crecimiento.
10. La implementación teórica y técnica (*software*) de modelos de base espacial se asocia con la medida más precisa de algunos aspectos, mediante el uso de técnicas de panel. Esto permite combinar efectos espacio-temporales, espacio-sectoriales, etc.
11. Una cuestión interesante se relaciona con la evolución dinámica de las economías de red: ¿tenderán a incrementar? El cambio técnico, los procesos de descentralización, la mejora en las infraestructuras, etc., indican que la interacción entre unidades urbanas incrementará en los próximos años, y por tanto que las economías de red podrían ser cada vez más importantes. El análisis de estos procesos dinámicos requerirá la mejora en las bases de datos para recoger la interacción con mayor precisión y durante largos períodos de tiempo, así como la aplicación de técnicas estadísticas que permitan recoger este cambio.

## BIBLIOGRAFÍA

---

ABDEL-RAHMAN, H.M. (1987): "Market structure, agglomeration and systems of cities in spatial economies". University of Pennsylvania.

ACS, Z., AUDRETSCH D. and M. FELDMAN (1991): "Real effects of academic research: comment", *The American Economic Review*, vol.82, nº 1, p.363-367.

ADES, ALBERTO and EDWARD L.GLAESER (1999): "Trade and circuses explaining urban giants", *NBER Working Paper* nº 4715.

ALLEN, P.M. and M. SANGLIER (1981): "A dynamic model of a central place system", *Geographical Analysis*, nº 13, p.149-164.

ALMEIDA, P. and B. KOGUT (1997a): "The exploration of technological diversity and the geographic localization of innovation", *Small Business Economics*, nº 9, p.21-31.

ALMEIDA, P. and KOGUT, B. (1997b): "The localization of ideas and the mobility of engineers in regional networks", Working Paper.

AMIN, ASH (2000): "Economies of distance. Network sites and density of institutions", en el curso *El territori en la societat de les xarxes: Dinàmiques territorials i organització territorial*, Universitat Internacional Menéndez Pelayo, Barcelona 2 y 3 de octubre.

AMSTRONG, HARVEY and JIM TAYLOR (1985): *Regional Economics and Policy*. Phillip Allan Publishers Ltd., Oxford.

ANSELIN, LUC (1988): *Spatial Econometrics: Methods and models*. Kluwer Academic Publishers, The Neederlands.

ANSELIN, LUC (1992): "SpaceStat tutorial: a workbook for using SpaceStat in the analysis of Spatial Data", University of Illinois, Urbana Champaign.

ANSELIN, LUC (1999): "Spatial econometrics", Bruton Center School of Social Sciences University of Texas (April 26).

ANSELIN, LUC (2001): "Spatial externalities, spatial multipliers and spatial econometrics", Regional Economics Applications Laboratory (REAL) and Department of Agricultural and Consumer Economics University of Illinois, Urbana-Champaign (Sept 10).

ANSELIN, L., VARGA, A. and Z. ACS (1997): "Local geographic spillovers between university research and high technology innovations", *Journal of Urban Economics*, nº 42, p.422-448.

- ARROW, KENNETH J. (1962): "The economic implications of learning by doing", *The Review of Economic Studies*, vol.29, issue 3, p.155-173.
- ARTHUR, BRIAN (1996): "Increasing returns and the new world of bussiness", *Harvard Bussiness Review*, n° julio-agosto.
- ATKIN, R.H. (1977): *Combinatorial Connectivities in Social Systems*. Basel: Birkhäser.
- ATKIN, R.H. (1981): *Multidimensional Man*. Harmondsworth: Penguin Books.
- AUDRETSCH, D. and M. FELDMAN (1994): "R&D spillovers and the geography of innovation and production", *Discussion Paper*, FS IV, n° 2.
- BAIN, J.S. (1954): "Economies of scale, concentration and the conditions of entry in twenty manufacturing industries", *American Economic Review*, n° 64, p.15-39.
- BATTEN, DAVID (1993): "Network cities versus central place cities: building a cosmo-creative constellation", en A.N.E. ANDERSSON, BATTEN, D.F., KOBAYASHI, K. and K.YOSHIKAWA (eds.): *The cosmo-creative society*; p.137-150. Heildelberg: Springer.
- BATTEN, DAVID (1995): "Network Cities: Creative Urban Agglomerations for the 21th Century", *Urban Studies*, vol.32, n°2, p.313-237.
- BAUDET-MICHEL, SOPHIE (1997): "Cross-country comparison of urban systems: the case of producer services diffusion", Paper presented at the 37<sup>th</sup> Congress of the European Regional Science Association, Rome.
- BAUMOL, W.J. (1967): "Macroeconomics of unbalanced growth: the anatomy of urban crisis", *American Economic Review*, n° 57, p.415-426.
- BAUMOL, W.J., PANZAR J.C. and R.D. WILLING (1982): *Contestable markets and the theory of industry structure*. New York.
- BAUMONT, CATHERINE; ERTUR, CEM and JULIE LE GALLO (2002): "The European Regional Convergence Process, 1980-1995: do Spatial Regimes and Spatial Dependence matter?", University of Burgundy (February 2002).
- BECATTINI, GIACOMO (1979): "Dal settore industriale al distretto industriale. Alcune considerazione sull' unità di indagine dell economia industriale". *Rivista di Economia e Politica Industrial*, n° 1. También publicado en *Revista Econòmica de Catalunya*, n° 1, 1986.
- BECKMANN, MARTIN.J. (1968): *Location theory*. Random House, New York.
- BECKMANN, M. and J. MCPHERSON (1970): "City size distribution in a Central Place Hierarchy: An alternative approach", *Journal of Regional Science*, n° 10, p.25-33.
- BELLANDI, MARCO (1995): *Economie di scala e organizzazione industriale*. Franco Angeli, Milano.
- BOELENS, LUUK and WOUTHER DE HERDER (1992): "Randstad Holland: Towards a new regional balance in a united Europe", *Ekistiks*, n°352.



BOIX, RAFAEL (2000a): Redes de ciudades en la Región Metropolitana de Barcelona. Departament d'Economia Aplicada, Universitat Autònoma de Barcelona.

BOIX, RAFAEL (2000b): "Policentrismo y redes de ciudades en la Región Metropolitana de Barcelona", en el curso "El Territori en la societat de les xarxes. Dinàmiques territorials i organització territorial", Consorci Universitat Internacional Menéndez Pelayo, Barcelona, 2 y 3 de Octubre de 2000.

BOIX, RAFAEL (2002a): "Policentrismo y redes de ciudades en la Región Metropolitana de Barcelona", en SUBIRATS, JOAN (Ed.) (2002): *Redes, territorios y gobierno: Nuevas respuestas locales a los retos de la globalización*. Diputació de Barcelona, Barcelona.

BOIX, RAFAEL (2002b): "Instrumentos de análisis de redes en economía urbana: caracterización de redes de ciudades mediante el análisis de cuatro estructuras urbanas simuladas", en V Encuentro de Economía Aplicada, Oviedo (del 6 al 8 de junio de 2002).

BONAVERO, PIERO ed EGIDIO DANSERO (a cura di) (1998): "L'Europa delle regioni e delle reti. I nuovi modelli di organizzazione territoriale nello spazio unificato europeo". UTET, Milano.

BOYER, R. (1989): *New directions in management practices and work organization: general principles and national trajectories*. OCDE, París.

BRESCHI, STEFANO and FRANCESCO LISONI (2001): "Knowledge spillovers and local innovation systems: a critical survey", *Liuc Papers*, nº 84.

BRUNET, ROGER. (1998): "L'Europa delle reti", en BONAVERO, PIERO. e EGIDIO DANSERO (a cura di) *L'Europa delle regioni e delle reti. I nuovi modelli di organizzazione territoriale nello spazio unificato europeo*". UTET, Milano.

BUNDESAMT FÜR RAUMPLANUNG (BFLR) (1993): *Guidelines for regional planning*. Bonn.

BUNDESAMT FÜR RAUMPLANUNG (1996): "Grundzüge der Raumordnung Schweiz", *Bericht v.22*, Bern.

BURNSIDE, C. (1996): "Production function regression, returns to scale and externalities", *Journal of Monetary Economics*, nº 37, p.177-201.

BURT, RONALD S. (1999): "Network analysis". Available in HTML format from <http://gsbwww.uchicago.edu/fac/ronald.burt/teaching/>.

CABALLERO, R.J. and R.K. LYONS (1990): "Internal versus external economies in European Industry", *European Economic Review*, nº 34, p.805-830.

CABALLERO, R.J. and R.K. LYONS (1992): "External effects in US procyclical productivity", *Journal of Monetary Economics*, nº 29, p.209-225.

CALLEJÓN, MARIA y MARIA TERESA COSTA (1995): "Economías externas y localización de las actividades industriales", *Economía Industrial*, nº 305, p.75-86.

CALLEJÓN, MARIA y MARIA TERESA COSTA (1996a): "External economies and the location industry", Paper presented at the 36<sup>th</sup> Congress of the European Regional Science Association.

CALLEJÓN, MARIA y MARIA TERESA COSTA (1996b): "Geografía de la producción. Incidencia de las externalidades e la localización de las actividades en España", *ICE*, nº 754, p.39-49.

CALLEJÓN, MARIA y MARIA TERESA COSTA (1997): "Localització industrial i externalitats", *Revista Econòmica de Catalunya*, nº 31, p.9-17.

CAMAGNI, ROBERTO (ed.)(1991): *Innovation Networks: Spatial perspectives*. London, Belhaven Press.

CAMAGNI, ROBERTO (1992) : *Economia urbana. Principi e modelli teorici*. La Nuova Italia Scientifica, Roma.

CAMAGNI, ROBERTO (1994) : "From city hierarchy to city network: reflections about an emerging paradigm", en JUAN R. CUADRADO-ROURA, PETER NIJKAMP and PERE SALVA (eds.) *Moving frontiers economic restructuring, regional development and emerging networks*, Avebury.

CAMAGNI, ROBERTO (2002): "Razones, principios y cuestiones para la política de desarrollo espacial en una era de globalización, localización y trabajo en red", en JOAN SUBIRATS (coord.) *Redes, territorios y gobierno: Nuevas respuestas locales a los retos de la globalización*. Diputació de Barcelona, Barcelona.

CAMAGNI, ROBERTO and LIDIA DIAPPI (1989): "SOUDY 3: a supply oriented urban dynamics model with innovation and synergy effects", paper presented to the *Third World Congress of the Regional Science Association*, Jerusalem.

CAMAGNI, ROBERTO and CARLO SALONE (1993a): "Network Urban Structures in Northern Italy: Elements for a Theoretical Framework", *Urban Studies*, Vol. 30, No. 6, p. 1053-1064.

CAMAGNI, ROBERTO e CARLO SALONE (1993b): "Elementi per una teorizzazione delle reti di città", en R.CAMAGNI e G.DE BLASIO (a cura di) "Le reti di città: teoria, politiche e analisi nell'area padana". Franco Angeli, Milano.

CAMAGNI, ROBERTO e MARIA CRISTINA GIBELLI (1993): "Reti di città e politiche urbane", en R.CAMAGNI e G.DE BLASIO (a cura di) "Le reti di città: teoria, politiche e analisi nell'area padana". Franco Angeli, Milano.

CAMAGNI, ROBERTO; DIAPPI LIDIA and STEFANO STABILINI (1994): "City networks in the Lombardy region: an analysis in terms of communication flows", *Flux* nº15, p.37-50.

CAMHIS, MARIOS and STEPHEN FOX (1992): "The European Community as a catalyst for European urban networks", *Ekistics*, nº 352.

CAPELLO, ROBERTA (2000): "The new city network paradigm: measuring urban network externalities", *Urban Studies*, vol.37, nº 11, p.1925-1945.

- CAPELLO, ROBERTA and PETER NIJKAKP (1996): "Telecommunications technologies and regional development: theoretical considerations and empirical evidence", *The Annals of Regional Science*, nº 30:7, p.7-30.
- CAPELLO, ROBERTA and ROBERTO CAMAGNI (1997): "Increasing returns to scale and urban location costs: an econometrical analysis of their determinants", Paper presented at the 37<sup>th</sup> Congress of the European Regional Science Association, Rome.
- CAPPELLIN, RICARDO (1991a): "International networks of cities", en CAMAGNI, ROBERTO (ed.)(1991a) *Innovation Networks: Spatial perspectives*. London, Belhaven Press, p. 230-244.
- CAPPELLIN, RICARDO (1997): "From an European regional policy to an European territorial policy: the role of cities and urban policies", 37th European Regional Science Association Congress, Roma 26-29th August 1997.
- CARLINO, GERALD A. (1987): "Comparisons of agglomeration: or what Chinitz really said: a reply", *Urban Studies*, nº 24, p.75-76.
- CARTER, H. (1966): *The towns of Wales: A study in urban geography*. Cardiff, University of Wales Press.
- CASASSAS, LLUÍS i JOAQUIM CLUSA (1981): *L'Organització territorial de Catalunya*. Publicacions de la Fundació Jaume Bofill, Sant Joan Despí (Barcelona).
- CASTELLS, MANUEL (1997): *La era de la información: economía, sociedad y cultura* (Vol.1. de La Sociedad Red). Alianza.
- CASTI, JOHN L. (1995): "The Theory of Networks", en D.F.BATTEN, J.L.CASTI and R.THORD (eds.), *Networks in Action*. Springer Verlag, Berlin.
- CATTAN, NADINE; PUMAIN, DENISE; ROZENBLAT, CELINE et THÉRÈSE SAINT-JULIEN (1999): *Le système des villes européennes*. Anthropos, París.
- CHANDLER, A.D. (1990): *Scale and scope: The dynamics of industrial capitalism*. The Belknap Press Cambridge, MA.
- CHASE-DUNN, CHRISTOPHER K. (1985): "The system of world cities, A.D. 800-1975", in MICHAEL TIMBERLAKE (Ed.) *Urbanization in the World-Economy*, p.269-292. Fluwer Academic Press, Orlando.
- CHINITZ, BENJAMIN (1961): "Contrast in agglomeration: New York and Pittsburgh", *The American Economic Review*, vol.51, Issue 2.
- 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.
- COE, D. and E. HELPMAN (1995): "International R+D spillovers", *European Economic Review*, nº 39, p.859-887.

- COMBES, PIERRE-PHILIPPE (2000a): "Economic structure and local growth: France 1984-1993", *Journal of Urban Economics*, N° 47, p.329-355.
- COMBES, PIERRE-PHILIPPE (2000b): "Marshall-Arrow-Romer Externalities and City Growth", CERAS working paper n°99-06.
- CONTI, SERGIO e GIORGIO SPRIANO (a cura di) (1990): "Effetto città", vol. primo "Sistemi urbani e innovazione: prospettive per l'Europa degli anni Novanta". Fondazione Giovanni Agnelli, Torino.
- CONTI, SERGIO e CARLO SALONE (a cura di) (2000): Il sistema urbano europeo fra gerarchia e policentrismo. EU-POLIS sistemi urbani europei, Dipartimento Interateneo Territorio (Politecnico e Università di Torino).
- COOKE, P. and MORGAN, K. (1993): "The network paradigm: new departures in regional development", *Environment and Planning D: Society and Space*, 11: 543-564.
- DATAR (1994): Débat national pur l'aménagement du territoire: document introductif. La Documentation Française, Paris.
- DAVIDSON, R. and J.MacKINNON (1993): "Estimation and inference in econometrics". Oxford University Press, New York.
- DE LUCIO, JUAN JOSÉ, HERCE, JOSÉ ANTONIO y ANA GOICOLEA (1996): "Externalities and industrial growth: Spain 1978-1992", *Fedea: Documentos de trabajo* 96-14.
- DE LUCIO, JUAN JOSÉ, HERCE, JOSÉ ANTONIO y ANA GOICOLEA (1998): "The effects of externalities on value added and productivity growth in Spanish industry", *Fedea: Documentos de trabajo* 98-05.
- DE LUCIO, JUAN JOSÉ (2001): "Un analisis global, territorial y sectorial de los efectos externos de conocimiento", *Revista de Estudios Regionales*, n° 59, p.15-46.
- DEMATTEIS, GIUSEPPE (1985): "Contro-urbanizzazione e strutture urbane reticolari", en G.BIANCHI e I.MAGNANI (a cura di) *Sviluppo multiregionale: teorie, metodi, problemi*. Franco Angeli, Milano.
- DEMATTEIS, GIUSEPPE (1989): "Nuove forme di organizzazione territoriale", en PETROS PETSIMERIS (a cura di) "Le reti urbane tra decentramento e centralità". Franco Angeli, Milano.
- DEMATTEIS, GIUSEPPE (1990): "Modelli urbani a rete. Considerazioni preliminari", en FAUSTO CURTI y LIDIA 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.
- DEMATTEIS, GIUSEPPE (1991b): "Il sistema urbano", en GIORGIO FUA (a cura di) "Orientamenti per la politica del territorio", p. 483-513. Franco Angeli, Milano.

- DEMATTEIS, GIUSEPPE (1994): "Global networks, local cities", *Flux* n°15, p.17-13.
- DEMATTEIS, GIUSEPPE (1997a): "Le città come nodi di reti: La transizione urbana in un prospettiva spaziale", en GIUSEPPE DEMATTEIS e PIERO BONAVERO (a cura di) "Il sistema urbano italiano nello spazio unificato europeo". Il Mulino, Bologna.
- DEMATTEIS, GIUSEPPE (1997b): "Proiezione europea e coesione regionale di sistemi urbani italiani", en GIUSEPPE DEMATTEIS e PIERO BONAVERO (a cura di) "Il sistema urbano italiano nello spazio unificato europeo". Il Mulino, Bologna.
- DEMATTEIS, GIUSEPPE (1997c): "Globalization and regional integration: The case of Italian urban system", *GeoJournal* 43.4, p.331-338.
- DEMATTEIS, GIUSEPPE (1998): "Il sistema metropolitano europeo tra centralità concentrata e centralità distribuita", en BONAVERO, PIERO y EGIDIO DANSERO (a cura di) *L'Europa delle regioni e delle reti. I nuovi modelli di organizzazione territoriale nello spazio unificato europeo*. UTET, Milano.
- DIAPPI, LIDIA e STEFANO STABILINI (1993): "Un ' analisis di flusso del sistema urbano", en R.CAMAGNI e G.DE BLASIO (a cura di) "Le reti di città: teoria, politiche e analisi nell'area padana". Granco Angeli, Milano.
- DILLON, W. D. and MATTHEW GOLDSTEIN (1984): "Multivariate Analysis". John Wiley & Sons.
- DURANTON, GILLES and DIEGO PUGA (2001): "From sectoral to functional urban specialisation" *CEPR Discussion Paper* n° 2971, (revision October).
- ECONOMIDES, NICHOLAS (1996): "The Economics of Networks", *International Journal of Industrial Organization*, vol.14, n°2.
- EMANUEL, CESARE (1989) : "Oltre la crisi: centralizzazione e decentramento, polarità e reticoli nel Piemonte degli anni 80" en PETROS PETSIMERIS (a cura di) "Le reti urbane tra decentramento e centralità". Franco Angeli, Milano.
- EMANUEL, CESARE (1990a): "L'organizzazione reticolare intrametropolitana: alcuni elementi per l'analisi e il progetto", en FAUSTO CURTI y LIDIA DIAPPI (a cura di) "Gerarchie e reti di città: tendenze e politiche", Franco Angeli, Milano.
- EMANUEL, CESARE (1990b): "Polimorfismo di imprese e di territorio: una possibile convergenza disciplinare nell'esame del caso italiano", *Rivista Geografica Italiana*, 1990 (1), p.13-37.
- EMANUEL, CESARE (1993): "Reticoli urbani e polarizzazione metropolitana in Lombardia", en R.CAMAGNI e G.DE BLASIO (a cura di) "Le reti di città: teoria, politiche e analisi nell'area padana". Franco Angeli, Milano.
- EMANUEL, CESARE (1996) : "Trame insediative e transizione demografica nei sistemi urbani", en GIUSEPPE DEMATTEIS e PIERO BONAVERO (a cura di), *Il Sistema Urbano Italiano nello spazio unificato europeo*. Il Mulino, Bologna.
- EMANUEL, CESARE y GIUSEPPE DEMATTEIS (1990): "Reti urbane minori e deconcentrazione metropolitane nella Padania centro-occidentale", en D.MARTELLATO y F.SFORZI (eds) "Studi sui sistemi urbani" p.233-261, Milano, Franco Angeli.

EUROPEAN COMMISSION (1992): Recite: InfoBackground, B-531.

EUROPEAN COMMISSION (1999): ESDP European Spatial Development Perspective: Towards balanced and sustainable development of the territory of the European Union (Agreed at the Informal Council of Ministers responsible for Spatial Planning in Postdam, may 1999).

EVANS, ALAN W. (1986): "Comparisons of agglomeration: or what Chinitz really said", *Urban Studies*, nº 23, p.387-389.

FELDMAN, M. (1994): "The geography of innovation", in *Economics of Science, Technology and Innovation*, vol.2. Kluner Academic Publishers, London, 1994.

FOTHERINGHAM, A.S., O'KELLY, M.E. (1989): *Spatial Interaction Models: Formulations and Applications*. Kluwer Academic Publishers.

FREEMAN, L. (1979): "Centrality in social networks: I. Conceptual classification", *Social Networks*, nº 4, p.35-41.

FREEMAN, L., WHITE, D. y A.ROMNEY (1989): *Research methods in social network analysis*. IVA: George Mason University Press.

FREEMAN, L., BORGATTI, S. y D.WHITE (1991): "Centrality in valued graphs: a measure of betweenness based on network flow", *Social Networks*, nº 13, p.141-154.

FRIEDMANN, J. and WOLFF, G. (1982): "World city formation: an agenda for research and action", *International Journal of Urban and Regional Research*, 6, p.309-344.

FUJITA, M., KRUGMAN, P. and T.MORI (1999a): "On the evolution of hierarchical urban systems", discussion paper nº419, Institute of Economic Research, Kyoto University.

FUJITA, M., KRUGMAN, P. and T.MORI (1999b): "On the evolution of hierarchical urban systems", *European Economic Review*, nº 43, p.209-251.

FUJITA, M., KRUGMAN, P. and A.VENABLES (1999c): "The Spatial Economy. Cities, Regions and International Trade". MIT Press.

FUJITA, M. and P. KRUGMAN (2000): "A monopolistic competition model of urban systems and trade", en J.M. HURIOT and J.THISSE (Eds.) *Economics of cities*. Cambridge University Press, Cambridge (forthcoming).

GARCÍA ESPUCHE, ALBERT (1998): *Un siglo decisivo. Barcelona y Catalunya 1550-1640*. Alianza Editorial, Madrid.

GETIS, A. and J.K.ORD (1992): "The analysis of spatial association by use of distance statistics", *Geographical Analysis*, nº 24, p.189-206.

GEWEKE, JOHN (1993): "Bayesian Treatment of the Independent Student t Linear Model", *Journal of Applied Econometrics*, vol. 8, pp.19-40.

GLAESER, EDWARD; KALLAL, HEIDI; SCHEIKMAN, JOSÉ and ANDREI SHLEIFER (1992): "Growth in Cities", *Journal of Political Economy*, nº 100, p.1126-1152.

- GOLDSTEIN, G. and T. GRONBERG (1983): "Economies of scope and economies of agglomeration", *Journal of Urban Economics*, nº16, p.91-104.
- GORMAN, I.E. (1985): "Conditions for economies of scope in the presence of fixed costs", *Rand Journal*, nº 16, p.431-436.
- GOTTMANN, JEAN (1986): "Orbits: the ancient mediterranean tradition of urban networks", *Ekistics* nº 316-317, p. 4-10.
- GOTTMANN, JEAN (1991): "The dynamics of city networks in an expanding world", *Ekistics* nº 350-351, p. 227-281.
- GREENE, WILLIAM H. (1999): *Análisis Económico*. McGraw Hill, Madrid.
- HALL, PETER (1997): "Modelling the post-industrial city", *Futures*, vol.29, nº 4/5, p.311-332.
- HAY, DONALD A. AND DEREK J. MORRIS (1991): *Industrial economics and organization: Theory and evidence*. Oxford University Press, Oxford.
- HENDERSON, VERNON (1999): "Marshall's scale economies", *NBER Working Paper* nº 7358.
- HENDERSON, VERNON, KUNKORO, AKI and MATT TURNER (1995): "Industrial development in cities", *The Journal of Political Economy*, vol.103:5, p.1067-1090.
- HOHENBERG, PAUL M. y LYNN M. LESS (1985): *The making of urban Europe 1000-1950*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- HOOVER, EDGAR M. (1937): *Location theory and the shoe and leather industries*. Harvard University Press.
- HOOVER, EDGAR M. (1948): *The location of economic activity*. McGraw-Hill, New York.
- HOOVER, EDGAR M. and RAYMOND VERNON (1959): *Anatomy of a Metropolis*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- HOTELLING, H. (1929): "Stability in competition", *Economic Journal*, nº 39, p.41-57.
- HOUTUM, HENK VAN (1999): "Borders, distances, and spaces", *39th European Regional Science Association Congress*, Dublin.
- HOUTUM, HENK VAN y ARNOULD LAGENDIJK (2000): "The role of regional identity in the construction of polycentric urban regions, the cases of the Rhur Area and the Basque Country", paper presented at the *40th Congress of the European Regional Science Association*, Barcelona, Spain, 29 August-1 September.
- ISARD, WALTER (1956): *Location and space economy*. The MIT Press, Cambridge, MA.
- ISARD, WALTER (1971): *Métodos de análisis regional*. Ariel, Barcelona.

- JACOBS, JANE (1969): *The economy of cities*. Johnatan Cape. London.
- JAFFE, A. (1989): "Real effects of academic research", *The American Economic Review*, vol.79 n° 5, p.957-970.
- JAFFE, A., TRAJTENBERG, M. and R. HENDERSON (1993): "Geographic localisation of knowledge spillovers as evidence by patent citations". *Quarterly Journal of Economics*, n° 108, p. 557-598.
- JOHANSON, BÖRJE; KARLSSON, CHARLIE and LARS WESTIN (1994): *Patterns of a network economy*. Springer-Verlag, Berlin.
- JOHANSON, BÖRJE and LARS WESTIN (1994): "Affinities and frictions of trade networks", *Annals of Regional Science*, n° 28, p.243-261.
- JOHNSON, J. (1995a): "Links, Arrows, and Networks: Fundamental metaphors in Human Thought", EN D.F.BATTEN, J.L.CASTI y R.THORD, *Networks in Action*. Springer Verlag, Berlin.
- JOHNSON, J. (1995b): "The Multidimensional Networks of Complex Systems", en D.F.BATTEN, J.L.CASTI y R.THORD, *Networks in Action*. Springer Verlag, Berlin.
- KAMANN, D. (1991): "The distribution of dominance in networks and its spatial implications", en BERGMAN, E.; MAIER, G. y FRANZ TÖDTLING (Eds.) (1991): *Regions Reconsidered: Economic Networks, Innovation, and Local Development in Industrialized Countries*. Mansell, London.
- KATZ, MICHAEL L. and CARL SHAPIRO (1985): "Network externalities, competition and compatability", *American Economic Review*, n° 75:3, p.424-440.
- KELEJIAN, HARRY H. and INGMAR R. PRUCHA (1997): "Estimation of spatial regression models with autoregressive errors by two-stage least squares procedures: a serious problem", *International Regional Science Review*, n° 20, 1 & 2, p.103-111.
- KELEJIAN, HARRY H. and INGMAR R. PRUCHA (2002): "2SLS and OLS in a spatial autoregressive model with equal spatial weights", *Regional Science and Urban Economics*, n° 32, p. 691-707.
- KEELING, DAVID J. (1995): "Transport and the world city paradigm", en PAUL L.KNOX and ÆTER J.TAYLOR (Eds.) *World Cities in a World System*. Cambridge University Press, Cambridge.
- KIPNIS, BARUCH A. (1985): "Graph analysis of metropolitan residential mobility: Metodology and theoretical implications", *Urban Studies*, n° 22, p. 179-187.
- KNIGHT, RICHARD. V. (1995): "Knowledge-Based Development: Policy and Planning Implications for Cities", en *Urban Studies*, núm. 32.
- KNONE, D. and J.H. KUKLINSKY (1982): *Network Analysis*. Sage.
- KRUGMAN, PAUL (1992) : *Geografía y comercio*. Antoni Bosch, Barcelona.



KRUGMAN, PAUL R. (1994) "Competitiveness: a dangerous obsession", *Foreign Affairs* 73 (2), p. 28-44.

KRUGMAN, PAUL (1996): "La organización espontánea de la economía". Antoni Bosch, Barcelona.

LALL, SOMIK; SHALIZI, ZMARAK and UWE DEICHMAN (2001): "Agglomeration economies and productivity in Indian industry", *The World Bank*, august 2001.

LE SAGE, JAMES P. (1999a): *The Theory and Practice of Spatial Econometrics*. University of Toledo (Act.2002).

LE SAGE, JAMES P. (1999b): *Applied economics using Matlab*. University of Toledo (Act.2002).

LE SAGE, JAMES P. (2002): *Lecture Notes from a short-course on Spatial Econometrics*. University of Toledo.

LIEBOWITZ, S.J. and STEPHEN E. MARGOLIS (1995): "Are network externalities a new source of market failure?", *Research in Law and Economics*, nº 17, p.1-22.

LIEBOWITZ, S.J. and STEPHEN E. MARGOLIS (1996): "Network externalities (effects)", Department of Economics, North Carolina State University (<http://wwwpub.utdallas.edu/~liebowitz/palgrave/network.html>).

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.

LUCAS, ROBERT E. (1988): "On the mechanic of economic development", *Journal of Monetary Economics*, nº 22, vol.1, p.3-42.

MADDALA, G.S. (1996): *Introducción a la econometría*. Prentice Hall, México.

MARSHALL, ALFRED (1920): *Principles of economics*. Macmillan. London (Primera edición 1890; la edición que se utiliza es la de 1920, reimpresa en 1972).

MARTINOS, HARIS and EILEEN HUMPHREYS (1992): "Transnational networks: Evolution and future issues", *Ekistics*, nº352-353.

MARTIN, RON and PETER SUNLEY (1996): "Paul Krugman's geographical economics, and its implications for Regional Development Theory: a critical assessment", *Economic Geography*, nº 72, p. 259-292.

McMILLEN, DANIEL (2003): "Spatial autocorrelation or model misspecification?", *Internacional Regional Science Review*, 26,2, p. 208-217.

MEADE, J. (1952): "External economies and diseconomies in a competitive situation", *Economic Journal*, LXII, p.54-67.

- MOOMAW, RONALD L. (1983): "Spatial productivity variations in manufacturing: A critical survey of cross-sectional analyses", *International Regional Science Review*, vol.8, nº1, p.1-22.
- MOOMAW, RONALD L. (1988): "Agglomeration economies: localization or urbanization?", *Urban Studies*, vol.25, p.150-161.
- MOOMAW, RONALD L. (1998): "Agglomeration economies: are they exaggerated by industrial aggregation?", *Regional Science and Urban Economics*, nº 28, p.199-211.
- MORENO, ROSIÑA Y ESTHER VAYÀ (2000): *Técnicas econométricas para el tratamiento de datos espaciales: la econometría espacial*. Edicions Universitat de Barcelona.
- MORENO, R., LOPEZ BAZO, E., VAYÀ, S. y M. ARTÍS (2000): "External effects and cost of production", 40th European Regional Science Association Congress, Barcelona 29th August-1st September 2000.
- MORGAN, KEVIN (1991): "Innovating by networking: new models of corporate and regional development", en MICK DUNFORD and GRIGORIS KAFKALAS "Cities and regions in the new Europe: the global-local interplay and spatial development strategies". Belhaven Press, London.
- MORI, TOMOYA and KOJI NISHIKIMI (2002): "Economies of transport density and industrial agglomeration", *Regional Science and Urban Economics*, nº 23, p.167-200.
- MOSSELEY, M.J. (1978): *Centros de crecimiento en la planificación espacial*. Instituto de Estudios de Administración Local.
- MULLIGAN, GORDON F. (1984): "Agglomeration and central place theory: A review of the literature", *International Regional Science Review*, vol.9, nº 1, p. 1-42.
- MUMFORD, LEWIS (1961): "The city in the history". New York, Harcourt Brace and World.
- NEUSCHWANDER, CLAUDE y PIERRE BERTHE (1992): "Town networks-The Ruhr example", *Ekistics*, nº 352.
- NEL·LO, ORIOL, LÓPEZ, JOAN. y JOSEP MARIA PIQUÉ (2000): *Les xarxes emergents de mobilitat al nostre territori*. Institut d'Estudis Metropolitans de Barcelona.
- OCDE-Eurostat (1995): *Manual on the measurement of human resources devoted to S&T "Cambera manual"*. OCDE.
- OCDE (1999): *Tableau de bord de l'OCDE de la science, de la technologie et de l'industrie*. OCDE, París.
- OCDE (2001): *Tableau de bord de l'OCDE de la science, de la technologie et de l'industrie*. OCDE, París.
- OHLIN, BERTIL (1933): *Interregional and International Trade*. Cambridge, Massachussets.

- OKABE, A. and Y. SADAHIRO (1996): "An illusion of spatial hierarchy: spatial hierarchy in a random configuration", *Environment and Planning A*, vol28, p.1533-1552.
- ORD, J.K. and A.GETIS (1995): "Local spatial autocorrelation statistics: distributional issues and an application", *Geographical Analysis*, nº 27(4), p.286-306.
- PACI, RAFAELLE and STEFANO USAI (2000): "Externalities, knowledge spillovers and the spatial distribution of innovation", *GeoJournal*, vol.4.
- PANZAR, JOHN C. and ROBERT D.WILLING (1981): "Economies of scope", *The American Economic Review*, vol 71, Issue 2, p.268-272.
- PARR, J.B. (1978): "Models of the central place system: a more general approach", *Urban Studies*, nº 15, p. 35-49.
- PARR, J.B. (1981): "Temporal change in central place systems", *Environment and Planning A*, nº 13, p. 97-118.
- PARR, JOHN B. (2002a): "Missing elements in the analysis of agglomeration economies", *International Regional Science Review*, Vol. 25.2, 151-168.
- PARR, JOHN B. (2002b) : "Agglomeration economies; ambiguities and confusions", *Environment and Planning A*, nº 34, p.717-731.
- POLDONY, J.M. and SHEPARD, A. (1998): "Firm agglomeration and technological spillovers: citation patterns in the U.S. semiconductor industry", Working Paper.
- PORTER, MICHAEL E. (1990): *The competitive advantage of nations*. Macmillan, London.
- PRECEDO, ANDRÉS (1988): *La red urbana*. Síntesis.
- PRED, ALLAN (1977): *City-systems in advanced economies*. Hutchinson, London.
- PUMAIN, DENISE and THÉRÈSE SAINT-JULIEN (Eds.) (1996): *Urban networks in Europe*. John Libbey Eurotext, Paris.
- PUU, T. (1985): "A simplified model of spatiotemporal population dynamics", *Environment and Planning A*, nº 17, p.1263-1269.
- RABINO, GIOVANNI A. and SYLVIE OCCELLI (1996): "Understanding spatial structure from network data: theoretical considerations and applications", paper presented at the 28th International Geographical Congress, The Hage, August 4-10, updated from *Cibergeo*, nº 29.
- RACIONERO, LUIS (1986): *Sistemas de ciudades y ordenación del territorio*. Alianza, Madrid.
- RAFFESTIN, C. (1981): *Per una geografia del potere*. Unicopli, Milano.
- RALLET, A. y A.TORRE (2000): "Which need for geographical proximity in innovation networks at the era of global economy?". *GeoJournal*, vol.4.

- RICHARDSON, HARRY W. (1973a): *The economics of urban size*. Saxon House, Farnborough.
- RICHARDSON, HARRY W. (1973b): "Theory of the distribution of city sizes: review and prospects", *Regional Studies*, nº 7, p.239-251.
- RICHARDSON, HARRY W. (1986): "Economía regional y urbana". Alianza, Madrid.
- RINGLI, HELLMUT (1997): "The Swiss urban development strategy: A polycentric urban network", *Ekistics*, nº 282, p.4-11.
- 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.
- ROMER, PAUL M. (1986): "Increasing returns and long-run growth", *The Journal of Political Economy*, vol.94, nº 5, p.1002-1037.
- ROMER, PAUL M. (1987): "Growth Based on increasing returns due to specialization", *American Economic Review*, nº 77, p. 56-63.
- ROMER, PAUL (1990): "Endogenous technological change", *Journal of Political Economy*, nº 98, p. 71-101.
- ROMER, PAUL (1994): "The origins of endogenous growth", *Journal of Economic Perspectives*, nº 8, vol.1.
- ROSSIGNOLO, CRISTIANA. (1997): "Europe of cities; networks of cities as a strategy of development", 37th European Regional Science Association Congress, Roma 26-29th August 1997.
- ROSSIGNOLO, CRISTIANA (1998): "Le reti de cooperazione nell'Unione Europea: Il programma Recite", en BONAVERO, PIERO y EGIDIO DANSERO (a cura di) *L'Europa delle regioni e delle reti. I nuovi modelli di organizzazione territoriale nello spazio unificato europeo*. UTET, Milano.
- SÁEZ LOZANO, JOSÉ LUIS (1994): *Industria y territorio: un análisis de las economías de aglomeración en España*. Servicio de publicaciones de la Universidad de Granada, Granada.
- SALONE, CARLO (1997): "Le politiche urbane e territoriali nell'Europa comunitaria", en GIUSEPPE DEMATTEIS e PIERO BONAVERO (a cura di) "Il sistema urbano italiano nello spazio unificato europeo". Il Mulino, Bologna.
- SASSEN, SASKIA (1991): *The global city: New York, London, Tokyo*. Princeton University Press, Princeton NJ.
- SASSEN, SASKIA (2000): *Cities in a World Economy*. Second edition, Pine Forge Press, Thousand Oaks.
- SASSEN, SASKIA (ed.)(2002): *Global networks, linked cities*. Routledge, New York.
- SCHERER, F.M., BECKENSTEIN, A., KAUFER, E. and R.D. MURPHY (1975): *The economics of multiplant operations*. Harvard University Press.

- SCITOVSKY, TIBOR (1954): "Two concepts of external economies", *Journal of Political Economy*, nº 62, p.143-151.
- SCOTT, ALLEN (1988a): *Metropolis: From the division of labour to urban form*. University of California Press, Berkeley and Los Angeles.
- SCOTT, ALLEN (1988b): *New industrial spaces*. Pion Ltd., London.
- SCOTT, J. (1997): *Social Network Analysis*. Sage.
- SMITH, DAVID A. and MICHAEL TIMBERLAKE (1995a): "Conceptualising and mapping the structure of the world system's city system", *Urban Studies*, vol.32, nº 2, p.287-302.
- SMITH, DAVID A. and MICHAEL TIMBERLAKE (1995b): "Cities in global matrices: towards mapping the world-system's city system", en PAUL L.KNOX and PETER J.TAYLOR (Eds.) *World Cities in a World System*. Cambridge University Press, Cambridge.
- SFORZI, FABIO (1991): "La delimitazione dei sistemi urbani: definizioni, concetti e metodi", en C.S.BERTUGLIA y A. LA BELLA (a cura di) *I Sistemi Urbani*, Franco Angeli, Milano.
- SFORZI, FABIO (1999): "La teoría marshalliana para explicar el desarrollo local", en Fermín Rodríguez (Ed.) *Manual de desarrollo local*. Ed.Trea, Gijón.
- SOLER, VICENT (1999): "Contraste de las hipótesis del efecto distrito", material del curso "Economía y Territorio", UIMP-Valencia, del 27 de septiembre al 1 de octubre de 1999.
- SORRIBES, JOSEP (1999): *Las áreas metropolitanas: Análisis teórico y experiencia comparada*. Consell Metropolità de l'Horta, València.
- SUBIRATS, JOAN (Ed.) (2002): *Redes, territorios y gobierno: Nuevas respuestas locales a los retos de la globalización*. Diputació de Barcelona, Barcelona.
- SVEIKAUSKAS, LEO (1975): "The productivity of cities", *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 89, issue 3, p.393-413.
- TAYLOR, PETER S. (2001): "Specification of the World City Network", *Geographical Analysis*, 33 (2), P. 181-194.
- TESSON, F. (1997): "Les expériences françaises de réseaux de villes: des dynamiques pour de nouveaux territoires", *Flux*, nº 27/28, p.25-39.
- TIMBERGEN, J. (1967): "The hierarchy model of the size distribution of centres", *Papers of the Regional Science Association*, nº 20, p.65-68.
- TOWNROE, P. (1979): *Industrial movements: experience in the US and the UK*. Saxon House, Farnborough.

- TRULLÉN, JOAN (1999): "La Catalunya-Ciutats" a *Revista Econòmica de Catalunya*, núm 36, pàgs.51-57
- TRULLÉN, JOAN (2001a): "La Catalunya ciutats: xarxes de ciutats i economia del coneixement", Congrés Municipalista de Catalunya, 70 pàgs.
- TRULLÉN, JOAN (2001b): *La metròpoli de Barcelona cap a l'economia del coneixement: diagnosi econòmica i territorial de Barcelona 2001*. Gabinet Tècnic de Programació, Ajuntament de Barcelona, Barcelona.
- TRULLÉN, JOAN (2002): *La metròpoli de Barcelona cap a l'economia del coneixement: aglomeració central i arc tecnològic 2002*. Ajuntament de Barcelona, Diputació de Barcelona i Universitat Autònoma de Barcelona, maig 2002.
- TRULLÉN, JOAN y RAFAEL BOIX (2000): "Policentrismo y redes de ciudades en la Región Metropolitana de Barcelona", III Congreso de Economía Aplicada, Valencia.
- TRULLÉN, JOAN y RAFAEL BOIX (2001a): "Economía del conocimiento y redes de ciudades: ciudades creativas en la era del conocimiento", comunicació presentada a la XXVII Reunió de Estudios Regionales, Madrid 28-30 de noviembre.
- TRULLÉN, JOAN Y RAFAEL BOIX (2001b): "Economia della conoscenza e reti di città: Città creative nell'era della conoscenza", *Sviluppo Locale*, vol.8, nº 18.
- TRULLÉN, JOAN Y RAFAEL BOIX (2003): "Barcelona, metrópolis policéntrica en red", Working Paper 03.03 del Departament d'Economia Aplicada UAB.
- TRULLÉN, JOAN; LLADÓS, JOSEP y RAFAEL BOIX (2002): "Economía del conocimiento, ciudad y competitividad", *Investigaciones Regionales*, nº1.
- VALENTE, THOMAS W. (1995): *Network models of the diffusion of innovations*. Hampton Press Inc., Cresskill (New Jersey).
- VANCE, J.E., JR. (1970): *The merchant's world: The geography of wholesaling*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall.
- VANCE, J.E., JR. (1976): "Institutional forces that shape the city". In *Social Areas in Cities*, vol.I, *Spatial process and forms*, ed. D.T. HERBERT and R.J.JOHNSON, p.81-109. New York, Wiley.
- VARIAN, HAL R. (1992): *Análisis microeconómico*. Antoni Bosch, Barcelona.
- VARIAN, HAL R. (1996): *Microeconomía intermedia (Cuarta edición)*. Antoni Bosch, Barcelona.
- VARTIAINEN, PERTTU (1997): "Urban networking: an emerging idea in spatial development planning", 37th European Regional Science Association Congress, Roma 26-29th August 1997.
- VINER, JACOB (1931): "Cost curves and supply curves", *Zeitschrift für nationalökonomie*, III, p.23-46. Puede encontrarse una reedición en Elgar Reference Collection, International Library of Critical in Economy (Ed.Cheltenham, U.K.)

- VISAUTA, B. (1998): "Análisis estadístico con SPSS para Windows: Estadística multivariante". McGraw Hill.
- WEBER, ALFRED. (1929): "Theory of the location of industries". University of Chicago Press, Chicago (ed.orig.ted.1909).
- WEBBER, MICHAEL J. (1972): Impact of uncertainty on location. MIT, Cambridge, Massachussets.
- WESTLUND, HANS (1999): "An interaction-cost perspective on networks and territory", *The Annals of Regional Science*, vol.33, p. 93-121. Springer-Verlag, 1999.
- WHITE, R.W. (1977): "Dynamic central place theory: results of a simulation approach", *Geographical Analysis*, nº9, p.226-243.
- WOLDENBURG, M.J. (1968): "Energy flow and spatial order: mixed hexagonal hierarchies of central places", *Geographical Review*, nº 58, p.552-574.
- YOUNG, ALLIN (1928): "Increasing returns and economic progress", *The Economic Journal*, 38, p.1957-1942.

## DIRECCIONES WEB

---

- AJUNTAMENT DE BARCELONA: <http://www.bcn.es>
- ANALYTICTHEC: <http://www.analytictech.com/>
- ATLAS OF CYBERSPACE: <http://www.geog.ucl.ac.uk/casa/martin/atlas/>
- CAMERDATA: <http://www.camerdata.com/>
- DIPUTACIÓ DE BARCELONA: <http://www.diba.es>
- DUN & BRADSTREET: <http://www.dun.es/>
- ECONOMETRICS TOOLBOX (JAMES LE SAGE): <http://www.spatial-econometrics.com/>
- ECONOMICS OF NETWORKS INTERNET SITE (Nicholas Economides): <http://www.stern.nyu.edu/networks/site.html>
- EUROSTAT: <http://europa.eu.int/comm/eurostat>
- GENERALITAT DE CATALUNYA: <http://gencat.es>

- GLOBALIZATION AND WORLD CITIES STUDY GROUP AND NETWORK (GAWC): <http://www.lboro.ac.uk/gawc/index.html>
- INSTITUT D'ESTADÍSTICA DE CATALUNYA: <http://www.idescat.es>
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA: <http://www.ine.es>
- LUC ANSELIN HOME PAGE: <http://geog55.geog.uiuc.edu/~luc/>
- MD LOGIC: <http://www.md-logic.com/id142.htm>
- MINISTERIO DE ECONOMÍA: <http://www.mineco.es/>
- NETMINER: <http://www.netminer.com>
- OCDE: <http://www.oecd.org>
- OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2001: <http://www1.oecd.org/publications/e-book/92-2001-04-1-2987/>
- PACTE INDUSTRIAL DE LA REGIÓ METROPOLITANA DE BARCELONA: <http://www.pacteind.org>
- PAJEK: <http://vlado.fmf.uni-lj.si/pub/networks/pajek/default.htm>
- RONALD BURT HOME PAGE: <http://gsbwww.uchicago.edu/fac/ronald.burt/teaching/>
- SPACESTAT: <http://www.terraser.com/>
- SPATIAL STATISTICS: [http://www.spatial-statistics.com/manuscript\\_index.htm](http://www.spatial-statistics.com/manuscript_index.htm)
- STAN LIEBOWITZ HOME PAGE: <http://www.utdallas.edu/~liebowitz/>
- THE INFORMATION ECONOMY (Hal Varian): <http://www.sims.berkeley.edu/resources/infoecon/>

## **BASES DE DATOS**

---

- CENSOS Y PADRONES: Institut d'Estadística de Catalunya (Idescat): <http://www.idescat.es>
- SEGURIDAD SOCIAL: Departament de Treball de la Generalitat de Catalunya: <http://www.gencat.es/treball/>



## ANEXOS

---

### ANEXO 1. Una visión crítica de los modelos de equilibrio espacial general y el paradigma de lugar central

Entre las teorías que más directamente relacionan el territorio, y en concreto la estructura urbana, con el crecimiento y desarrollo económicos, se encuentran los **modelos de lugar central** (*central place models*). Los modelos de lugar central se originan en Alemania entre la primera y segunda mitad del siglo XX con los trabajos de Christaller (1933)<sup>1</sup> y Lösch (1940)<sup>2</sup>, y son a su vez continuadores de los trabajos de Johann Heinrich von Thünen, Robert 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.

Los modelos de lugar central se desarrollan sobre la base de regiones agrarias tradicionales, y excepto en las elaboraciones más recientes, dependen de la noción de las poblaciones (*towns*) como centros de servicios rurales. Así Hall (1997, p.312)<sup>3</sup> remarca la base rural de los enclaves sobre los que se basan los trabajos empíricos: Christaller en Alemania meridional; Lösch en Iowa; Bracey en el sur de Inglaterra; Green en East Anglia; Brush en suroeste de Wisconsin; y Berry y Garrison en Snohomish Conty (Washington).

La tabla 1 sintetiza la evolución de los modelos de lugar central desde la exposición no analítica de Christaller hasta la cuidada modelización de Fujita, Krugman y Mori (1999 a, b) y Fujita y Krugman (2000)<sup>4</sup>. Estos últimos autores consiguen dotar al modelo de una base microeconómica sólida. Sin embargo, como

---

<sup>1</sup> 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 y Paola Pagnini.

<sup>2</sup> 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".

<sup>3</sup> HALL, P. (1997): "Modelling the post-industrial city", *Futures*, vol.29, nº 4/5, pp.311-332.

<sup>4</sup> FUJITA, M., KRUGMAN, P. y T.MORI (1999a): "On the evolution of hierarchical urban systems", discussion paper nº419, Institute of Economic Research, Kyoto University ; FUJITA, M., KRUGMAN, P. y T.MORI (1999b): "On the evolution of hierarchical urban systems", *European Economic Review*, nº 43, p.209-251 ; FUJITA, M. and P. KRUGMAN (2000): "A monopolistic competition model of urban systems and trade", en J.M. HURIOT and J.THISSE (Eds.) *Economics of cities*. Cambridge University Press, Cambridge (forthcoming).

apunta Camagni (1994)<sup>5</sup>, las características económicas básicas del modelo inicial no han cambiado en lo sustancial.

Estas características son las siguientes:

1. Son modelos elaborados a partir de la observación de regiones agrarias tradicionales.
2. Ordenación jerárquica de las relaciones entre unidades urbanas.
3. La geometría toma un lugar relevante en el modelo. Esta característica se va diluyendo en las elaboraciones más recientes.
4. Prevalece la perspectiva de demanda.
5. La escala de la empresa y la dimensión de la unidad urbana son determinantes en la generación de economías de escala y ventajas diferenciales. La distancia y los costes de transporte tienen una influencia determinante sobre ambas.

Asociados a estas características, los modelos de lugar central presentan una serie de limitaciones importantes:

1. *La geometría toma un lugar demasiado relevante en la explicación de la localización de la actividad*, dados los recursos, los mercados y las hipótesis de partida ideales (Krugman 1992, pp.10-11)<sup>6</sup>. Estos modelos son mucho menos efectivos en un contexto en el cual no se sobreenfatizan los costes de transporte (Camagni 1994, pp.72-73)<sup>7</sup>.

2. *Existe la posibilidad de que la configuración de rangos y la geometría espacial sean espurias*. Uno de las características de los modelos de lugar central que más ha llamado la atención es la relación geométrica entre economía y espacio, que parece cumplirse en muchas ocasiones en el mundo real. Autores como Richardson (1986)<sup>8</sup>, Okabe y Sadahiro (1996)<sup>9</sup> o Krugman (1996)<sup>10</sup> han llamado la atención sobre la posibilidad de que la observación de estas regularidades espaciales en el mundo real no se deba a la organización de los sistemas de ciudades según modelos de ciudad central, sino a factores puramente aleatorios<sup>11</sup>.

<sup>5</sup> CAMAGNI, ROBERTO (1994) : "From city hierarchy to city network: reflections about an emerging paradigm", en JUAN R. CUADRADO-ROURA, PETER NIJKAMP and PERE SALVA (eds.) *Moving frontiers economic restructuring, regional development and emerging networks*, Avebury.

<sup>6</sup> KRUGMAN, PAUL (1992) : *Geografía y comercio*. Antoni Bosch, Barcelona.

<sup>7</sup> Op.cit.

<sup>8</sup> RICHARDSON, HARRY W. (1986): "Economía regional y urbana". Alianza, Madrid.

<sup>9</sup> OKABE, A. and Y. SADAHIRO (1996): "An illusion of spatial hierarchy: spatial hierarchy in a random configuration", *Environment and Planning A*, vol28, p.1533-1552.

<sup>10</sup> KRUGMAN, PAUL (1996): "La organización espontánea de la economía". Antoni Bosch, Barcelona.

<sup>11</sup> Richardson y Krugman muestran su escepticismo sobre la regla de tamaño-rango, sobre la que anteriormente Pred (1977, p.17) había afirmado que no era más que una regularidad empírica sin ninguna base teórica aceptable. Okabe y Sadahiro (1996) intentan aportar luz sobre este fenómeno explorando las propiedades de la jerarquía espacial sobre una configuración aleatoria. En concreto, utilizan un método para generar sistemas ficticios aleatorios con centros locales, rangos y relaciones aparentes de dominancia espacial entre los centros. Sobre estos sistemas comprueban las hipótesis de

3. *Son modelos incompletos, al no recoger las relaciones horizontales ni las relaciones entre sistemas urbanos diferentes.* El patrón de relaciones jerárquicas que se deriva del modelo de Christaller no recoge la totalidad de relaciones que se producen en la estructura de un sistema de ciudades, porque excluye las relaciones laterales (horizontales) entre ciudades del mismo rango (Pred 1977, p.18-19)<sup>12</sup>. La teoría de la localización de Lösch es más flexible en este sentido, al permitir la existencia de algunas relaciones laterales y que centros de menor rango puedan proveer a alguno de mayor rango. Sin embargo, se limita la interacción a ciudades localizadas en el mismo sector espacial o sectores adyacentes 60°. De esta manera, los modelos de lugar central describen un subconjunto del total de relaciones de interdependencia que pueden producirse en los sistemas de ciudades de los países desarrollados.

4. *No permiten la presencia de actividades avanzadas fuera de los centros de mayor rango de la jerarquía.* En cambio, en Emanuel (1989)<sup>13</sup> y en Emanuel y Dematteis (1990)<sup>14</sup> se demuestra la aparición de funciones de alto rango en centros menores, y dotación incompleta de funciones de la mayoría de centros. Por este procedimiento, algunos municipios adquieren funciones de mayor rango de lo que predice el modelo de lugar central, y tienden a complementarlas con las de los municipios vecinos.

5. *Suelen presentarse como modelos cerrados, de manera que no se introducen las relaciones con el exterior.* Vance (1970, modelo mercantil)<sup>15</sup> y Hohenberg y Less (1985, *network system*)<sup>16</sup> explican otro tipo de modelos de desarrollo basado en el comercio.

Una de las críticas hechas por Pred (1977)<sup>17</sup> se basa en que las algunas de las relaciones más importantes no se producen en el interior del sistema urbano local, sino entre las ciudades más importantes de sistemas urbanos diferentes<sup>18</sup>. Posteriormente, Hohenberg y Less (1985)<sup>19</sup> caracterizarán el proceso de

---

forma hexagonal de las áreas de mercado, homogeneidad en el tamaño del área de cada lugar central, y el número de centros por rango de cada sistema. Los resultados proporcionan una sorprendente explicación matemática de por qué observamos jerarquías espaciales en la realidad y advierten que, ante un sistema aparentemente jerárquico, la configuración espacial puede ser aleatoria, y no generada por un desarrollo del sistema como un lugar central.

<sup>12</sup> PRED, ALLAN (1977): "City-systems in advanced economies". Hutchinson, London.

<sup>13</sup> Op.cit.

<sup>14</sup> EMANUEL, CESARE e GIUSEPPE DEMATTEIS (1990): "Reti urbane minori e deconcentrazione metropolitane nella Padania centro-occidentale", en D.MARTELLATO e F.SFORZI (eds) "Studi sui sistemi urbani" pp.233-261, Milano, Franco Angeli.

<sup>15</sup> VANCE, J.E., JR. (1970): *The merchant's world: The geography of wholesaling*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall.

<sup>16</sup> Op.Cit.

<sup>17</sup> Op.cit.

<sup>18</sup> Pred aporta evidencia empírica para los flujos de información en EEUU durante los siglos XVIII y XIX.

<sup>19</sup> HOHENBERG, P.M. Y L.M.LESS (1985): *The making of urban Europe 1000-1950*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

urbanización europeo en términos de lugar central y de red, donde los flujos comerciales entre algunas grandes ciudades europeas serían generadoras del desarrollo de determinados sistemas urbanos. Los trabajos de Sassen (1991, 2000 y 2002)<sup>20</sup> sugieren que la circulación más importante de flujos de información con capacidad intermediadora se producen entre un conjunto de ciudades globales.

6. *Las economías de escala se alcanzan por el tamaño de producción.* El incremento de población en un centro, o en el área de mercado a la cual se sirve un bien, supone que puedan conseguirse economías de escala mediante el incremento del volumen de producción (economías de escala internas a las empresas), con lo cual se abarata el precio del bien. De la misma manera, la aglomeración de población en los lugares centrales también produce una disminución de los costes de transporte al acercar al productor y al consumidor. No obstante, la aglomeración también produce deseconomías en la forma de mayores costes salariales y otros incrementos de precios. En modelos como el de Lösch, se da la posibilidad de que la totalidad de la producción de un sector se concentre en uno solo de los centros (especialización), si bien no se considera la posibilidad de otros tipos de ventajas.

A pesar de los innegables esfuerzos del paradigma de lugar central para la construcción de modelos económico-territoriales, incorporando equilibrios generales y fundamentos microeconómicos, las teorías construidas sobre ellos son incapaces de explicar modelos de desarrollo, tanto históricos como recientes, que se han documentado en algunas de las más importantes áreas o regiones urbanas. Estos modelos no han podido superar el estar diseñados para una economía de base rural, mientras que en el año 2000 la mayor parte de la población se concentra en áreas urbanas, en las cuales la diferenciación entre urbano y rural deja cada vez de tener menos sentido. La constatación de interdependencias de no mercado entre agentes económicos y entre unidades territoriales, añade a la presencia de economías de escala internas a la empresa otras fuentes de rendimientos crecientes como las economías de localización, las economías de urbanización y las economías de red. De esta manera, mientras una parte de las investigaciones siguen partiendo de modelos basados en la dinámica de los lugares centrales, otros sugiere la superación del paradigma christalleriano y la consolidación de un nuevo paradigma con la suficiente capacidad para absorber al antiguo y explicar los nuevos fenómenos económicos con base en el territorio, y con la suficiente flexibilidad para evolucionar e incluir nuevos fenómenos.

---

<sup>20</sup> SASSEN, SASKIA (1991): *The global city*: New York, London, Tokyo. Princeton University Press, Princeton NJ; SASSEN, SASKIA (2000): "Cities in a World Economy". Second edition, Pine Forge Press, Thousand Oaks ; SASSEN, SASKIA (ed.)(2002): *Global networks, linked cities*. Routledge, New York.

**Tabla 1.** Evolución de los modelos de lugar central y sus características principales respecto a la empresa, el asentamiento y el sistema de ciudades.

<b>Empresa</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Un bien único</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Hotelling (1929); M. Webber (1972): Los costes de transporte resultan determinantes. El área de mercado determina los beneficios. El tipo de mercado (competencia – no competencia) y la dimensión de la empresa determinan la situación.</li> </ul> </li> <li>• <b>Varios bienes</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Christaller (1933): El tamaño del mercado determina el umbral. Los costes de mercado determinan la amplitud. Ambos determinan la jerarquía urbana.</li> <li>○ Lösch (1944): Añade el enfoque macroeconómico de la demanda y la teoría de la empresa. Los centros del mismo nivel jerárquico pueden proveer diferentes combinaciones de bienes y servicios, con tal de que proporcionen el mismo número.</li> <li>○ Timbergen (1967): Sistema donde se proporcionan todos los bienes para el consumo local, pero solo los centros de m-ésimo nivel jerárquico pueden exportar el bien.</li> <li>○ Woldenburg (1968): Flexibiliza el modelo de Christaller, sugiriendo que las frecuencias de las ciudades centrales y las áreas de mercado pueden adoptar valores no tan absolutos.</li> <li>○ Beckman y McPherson (1970): Relaja las restricciones sobre el coeficiente de anidamiento y la proporción entre población del nivel jerárquico y del área de mercado.</li> <li>○ Parr (1978 y 1981): Los cambios en los niveles anidados (<math>k</math>) se dan entre niveles diferentes, pero no dentro del mismo nivel.</li> <li>○ Fotheringham y O’Kelly (1989): Compra multipropósito.</li> </ul> </li> </ul>
<b>Asentamiento</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Contexto estático</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Christaller (1933): El tamaño de ciudad (<math>P_m</math>) de orden <math>m</math> es proporcional a la población a la que sirve (área de mercado <math>H_m</math>), y a una constante de proporcionalidad (<math>k</math>): <math>P_m = k \cdot H_m</math>.</li> <li>○ Lösch (1944): Relaciona la el rango del asentamiento con el tamaño de la ciudad de primer nivel y el factor de proporcionalidad <math>K</math>: <math>P_m = P_1 K^{m-1}</math>.</li> <li>○ Beckman (1968): Soluciona el problema de formulaciones anteriores relaciona la población de la ciudad con su área de mercado (como sugería Christaller): <math>H_m = P_m + (K-1)X_{m-1} + r_{m-1}</math>.</li> <li>○ Beckman y McPherson (1970): Representan el suministro desde una ciudad central a su área complementaria en un contexto de factores anidados. Los multiplicadores de cada nivel dependen de las condiciones de oferta y demanda, dotando al modelo de flexibilidad, puesto que permite acomodarlo a un rango considerable de tamaños de lugar central:           <math display="block">P_m = \frac{1}{1 - \sum_{i=1}^m k_i} \sum_{i=1}^m k_i r_i = \sum_{i=1}^m P_{mi}</math> </li> <li>○ Parr (1978 y 1981): Introduce la incidencia de factores anidados variables: <math>P_m = P_1 \prod_{i=1}^{m-1} K_i</math></li> <li>○ Mulligan (1984): La oferta se representa por una función de producción agregada. La demanda se establece a partir de la demanda individual, agregada para conseguir la demanda del área de mercado. De esta manera, el multiplicador <math>k_i</math> se desagrega en componentes de oferta y demanda. Esto permite integrar economías y diseconomías de escala.</li> </ul> </li> <li>• <b>Contexto dinámico</b></li> </ul>

- White (1977): Modificaciones sobre los postulados clásicos de Christaller, con el objetivo de establecer, a partir de un sistema inicial, si la producción se organiza de forma jerárquica a lo largo del tiempo:  $TC_{ij}^t = F_j + c_j^t (S_{ij}^t)$

### Sistema

- **Contexto estático**
  - Christaller (1933): - Regularidades en el número de ciudades que pertenecen a cada rango dentro de un sistema determinado;
    - Aunque el número de ciudades de cada rango varíe entre sistemas, el factor de proporcionalidad tiende a mantenerse;
    - Relación entre el tamaño de la ciudad y los fenómenos que en ella acontecen;
    - En general, el sistema de ciudades tiende a ser estacionario debido al funcionamiento de los mecanismos de umbral máximo y mínimo.
  - Modelos log-lineal, Pareto y tamaño rango: relacionan el número de ciudades en cada rango con el tamaño de las mismas y con factores de escala
- **Contexto dinámico**
  - Christaller (1933): Los factores que mantienen el equilibrio del sistema de lugar central están en constante tensión. Estos factores pueden modificarse por cambios endógenos y exógenos, y pueden variar de forma individual o afectar a otros factores. A corto plazo pueden existir alteraciones en el precio de los bienes. A largo plazo, una variación del umbral de cualquier bien central en cualquier localidad comporta otros tantos cambios en el interior del sistema de lugares centrales.
  - White (1977): Simulaciones en la misma línea de Christaller, aunque matemáticamente formalizadas en un sistema con tan solo dos sectores.
  - Allen y Sanglier (1981): la aparición y evolución de los lugares centrales dependen de factores determinísticos y probabilísticos, de manera que la solución nunca es única. Introducción de un factor de expulsión ante feedbacks negativos, y posibilidad de commuting.
  - Fujita, Krugman y Mori (1999a, b); Fujita y Krugman (2000): modelan la formación endógena de un sistema de ciudades jerárquico, con la incorporación de un enfoque *evolucionario* (ajuste dinámico) en un sistema de equilibrios múltiples. Modelo con sectores de agricultura e industria, y falta de regularidad geométrica. Competencia imperfecta a la Chamberlain. En el caso de que no exista una única ciudad de mayor orden en la cual se producen todos los grupos de bienes, el modelo produce bifurcaciones infinitas.

## ANEXO 2. Conceptos fundamentales de la teoría de grafos y redes

### 1.1. El concepto de red en la teoría de redes

No existe una definición única de lo que es una red de ciudades, aunque la más básica es la que se deriva de la teoría de sistemas<sup>1</sup>. En la teoría de grafos y redes, una red está formada por un conjunto de objetos (nodos) unidos en una estructura conectiva de vínculos o relaciones (*links*). De forma abstracta, una red es un tipo de sistema (Casti 1995, p. 5)<sup>2</sup>:

$$RED = \text{objetos (nodos)} + \text{conexiones (vínculos)} = SISTEMA$$

En el caso de una red de ciudades, tenemos un conjunto de objetos, que son las ciudades, vinculados a través de un conjunto de conexiones:

$$RED DE CIUDADES = \text{objetos (ciudades)} + \\ + \text{conexiones (relaciones)} = SISTEMA DE CIUDADES$$

A partir del concepto sistémico de red, podemos determinar las tipologías y características de la estructura urbana. El tradicional enfoque jerárquico de los modelos de lugar central se revela así como un subconjunto particular de una realidad mucho más rica y compleja, donde encontramos también estructuras policéntricas y redes heterárquicas<sup>3</sup>.

### 1.2. Representación matemática elemental

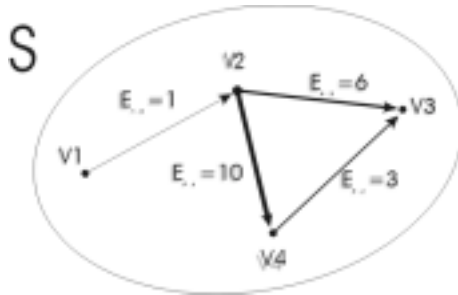
Una vez definida la red de ciudades como un sistema, podemos incorporar los conceptos y el instrumental de la teoría de sistemas para caracterizarla. Algunos indicadores son fácilmente trasladables a la economía urbana, y nos permiten caracterizar matemáticamente las relaciones entre ciudades. Con estos instrumentos dejamos de trabajar exclusivamente con los atributos de las ciudades para considerar las relaciones entre ellas (flujos) como una parte central del análisis.

Matemáticamente, este tipo de sistemas se representa como un *grafo*. Un **grafo** abstracto  $S$  está formado por un conjunto de vértices o nodos ( $V$ ), unidos por un conjunto de vínculos o arcos ( $E$ ), que conectan pares de elementos de  $V$ , a los que se llama finales (*ends*).

<sup>1</sup> En el capítulo 1 se expusieron las diferentes acepciones del concepto de red de ciudades.

<sup>2</sup> CASTI, JOHN L. (1995): "The Theory of Networks", en D.F.BATTEN, J.L.CASTI and R.THORD (eds.), Networks in Action. Springer Verlag, Berlin.

<sup>3</sup> El concepto de heterarquía es opuesto al de jerarquía. Una red heterárquica es un tipo de estructura en la que predominan las relaciones no jerárquicas.

**Figura 1.** Representación de un grafo

Expresado de manera más formal, el conjunto  $E$  es un subconjunto del producto cartesiano  $V \times V$ , de manera que si existe un arco que va desde el vértice  $i$  al vértice  $j$ , el par  $(i, j) \in E$ <sup>4</sup>.

El mismo principio es el que utilizaremos en el análisis. Aunque las ciudades de Cataluña (objetos o nodos de la red) tienen relaciones con otras ciudades fuera del conjunto (vínculos a redes externas), definimos el grafo

“Cataluña” como el conjunto de vértices o nodos ( $V$ ), unidos por un conjunto de vínculos o arcos ( $E$ ), todos ellos interiores a “Cataluña”.

### 1.3. Grafos

#### Concepto de subgrafo y grafo nulo

Se dice que  $G'$  es un **subgrafo** de  $G$  si cada vínculo (link) y cada nodo de  $G'$  también pertenece a  $G$ . De la misma manera, si  $G''$  es un subgrafo de  $G'$ , y  $G'$  es un subgrafo de  $G$ , entonces  $G''$  será también un subgrafo de  $G$ . Un **grafo nulo** se da cuando no existen nodos ni vínculos.

#### El concepto de dígrafo y de grafo no dirigido (undirected graph)

Cuando todos los arcos de un grafo tienen una dirección (principio y final), se dice que el grafo es un **grafo dirigido** o **dígrafo**. En un dígrafo, el conjunto  $(i, j) \in E$ , pero  $(j, i) \notin E$ . En caso contrario, observamos un **grafo no dirigido**. Lo que caracteriza al grafo dirigido es que todos los vínculos (*links*) tienen una dirección, que viene marcada por las flechas.

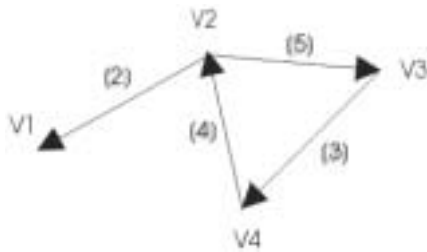
Los flujos entre las distintas ciudades del sistema urbano tienen origen y destino. Muchas veces existe flujo en ambos sentidos, es decir, existe flujo de  $i$  a  $j$ , y también de  $j$  a  $i$ . Estos flujos llevan asociada una dirección y una intensidad, representada por un número. Decimos que un dígrafo es **ponderado** cuando cada arco entre dos nodos lleva asociado un número real, que representa la intensidad de las relaciones entre los dos nodos.

<sup>4</sup> Casti (1995, Op.cit. p. 5).

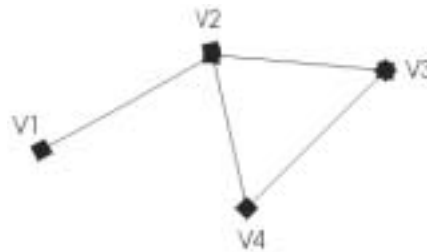


**Figura 2.** Grafo directo e indirecto

a) Grafo dirigido o dígrafo (ponderado)



b) Grafo no dirigido



Si solamente especificamos que entre dos ciudades existe un vínculo, pero no la dirección de los flujos, estaremos ante un grafo con características de grafo no dirigido.

El grafo “Cataluña” sobre el que trabajaremos podrá tener características de grafo no dirigido (cuando sólo indica que dos ciudades tienen relación) o de grafo dirigido (cuando se indica la dirección del flujo).

De los conceptos y definiciones anteriores podemos inferir que una red es un grafo (normalmente dirigido), en el cual los nodos y/o los vínculos (*links*) llevan asociados números. Por ejemplo, en una red de carreteras, los números representarían el flujo de vehículos por unidad de tiempo, o también la capacidad de la carretera (Johnson, 1995a, p. 38)<sup>5</sup>.

#### 1.4. Conectividad y flujos

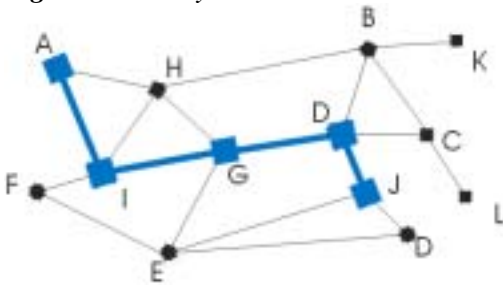
##### *Conectividad y flujos*

Otra característica fundamental de una red es la circulación de flujos entre los nodos de la red, a través de la estructura de relaciones. Estos flujos pueden ser de naturaleza muy diversa: información, mercancías, personas, etc. Dependiendo de la naturaleza de los flujos, podemos aplicar tres conceptos más a los que ya conocemos: el *path* (ruta o camino), el ciclo y el grafo fuertemente conectado.

Un ***path* o ruta** es una estructura definida como una secuencia de vínculos (*links*) contiguos. Por ejemplo, en la figura 3, los vínculos  $(A,I)$ ,  $(I,G)$ ,  $(G,D)$ ,  $(D,J)$  forman un *path* o ruta entre los nodos  $A$  y  $J$ .

<sup>5</sup> JOHNSON, J. (1995a): “Links, Arrows, and Networks: Fundamental metaphors in Human Thought”, EN D.F.BATTEN, J.L.CASTI y R.THORD, *Networks in Action*. Springer Verlag, Berlin.

**Figura 3. Links y Paths**



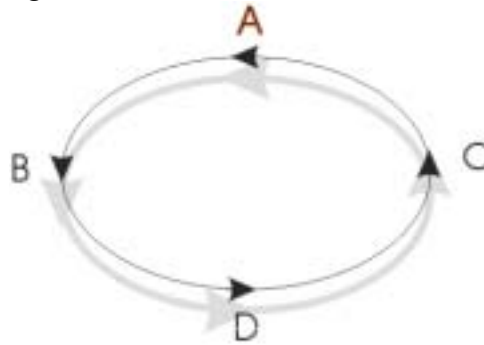
Fuente: Johnson (1995a, p. 39)

Si la ruta (*path*) no repite vínculos (*links*), se le denomina ruta simple, si no repite vértices (excepto el primero y el último) se le llama elemental, y si coinciden los extremos se le llama cerrado. La **longitud** del *path* se mide por el número de líneas que lo forman, y la **distancia** entre dos puntos de un grafo es la longitud del *path* más corto entre ellos. Cuando la distancia entre dos puntos es

diferente de cero, significa que existe una relación directa o indirecta entre dos nodos, y que un nodo es **alcanzable** desde el otro.

Un **ciclo** es una secuencia de caminos en la cual el primer y el último vértice son el mismo. Los ciclos pueden tener efectos multiplicadores positivos o negativos, dependiendo del signo y la intensidad de los flujos entre los vértices. También podemos decir que un *path* es un ciclo cuando es elemental, cerrado y contiene al menos un vínculo.

**Figura 4. Ciclo**



**Figura 5. Árbol**



Frente al ciclo, tenemos la estructura en árbol. Un **árbol** es un grafo que no contiene ciclos, es decir, un grafo dirigido en el cual ningún nodo tiene más de una flecha que llega a él. Los modelos de lugar central (por ejemplo el de Christaller), al obviar las relaciones entre nodos del mismo rango y asumir un grafo en forma de árbol, también ignoran los elementos multiplicadores derivados de las relaciones horizontales.

*Grafo conexo y árbol*

En un grafo no dirigido, la conexión define una relación binaria de equivalencia en el conjunto  $V$  de los vértices del grafo. Los subgrafos constituidos por las clases de equivalencia se llaman componentes conexas del grafo. Se dice que un **grafo es**

**conexo** cuando sólo tiene una componente conexas, es decir, cuando no todos los elementos del grafo están conectados, y no queda ningún nodo o conjunto de nodos aislado del resto. Cuando existe al menos un nodo que no tiene conexión con el resto, se dice que el grafo está **desconectado**.

Un **árbol** es un grafo no dirigido, simple y conexo que no contiene ningún ciclo. Los modelos de lugar central (*central place*), al obviar las relaciones entre nodos del mismo rango y asumir un grafo en forma de árbol, también ignoran los elementos multiplicadores derivados de las relaciones horizontales

Un **grafo fuertemente conectado** es aquel para el cual existe al menos un *path* o ruta entre cada par de vértices. Esta propiedad hace referencia a la conectividad potencial de una red. Otras clasificaciones diferencian entre grafos fuertemente y débilmente conectados, unilateralmente conectados, desconectados. El concepto de **grafo débilmente conectado** se refiere a aquel en que todos sus nodos están unidos pero no se especifica la dirección de los vínculos  $A-B$ . El grafo **unilateralmente conectado** hace referencia al grafo en que todos los nodos están unidos por líneas o vínculos en una sola dirección (unilaterales)  $A \rightarrow B$ . El grafo fuertemente conectado sería, en este caso, aquel en que los nodos están unidos por vínculos en las dos direcciones  $A \leftrightarrow B$ . Cuando un nodo no tiene relación con ningún otro nodo del sistema recibe el nombre de **desconectado**.

En un grafo como “Cataluña”, podemos deducir, a partir de flujos de movilidad laboral, la existencia de 31.427 relaciones directas entre municipios, de las más de 891.000 posibles. En cambio, todos los municipios serían accesibles indirectamente a partir de flujos con otros municipios, de manera que al existir siempre un *path* entre cada par de nodos, el grafo “Cataluña” a partir de movilidad laboral tendría características de grafo fuertemente conectado (los vínculos pueden tener dos direcciones, aunque a veces la relación será unilateral). Las mismas características presentaría un grafo a partir de flujos telefónicos o la red de carreteras. En cambio, el grafo de conexiones ferroviarias no sería un grafo fuertemente conectado, debido a que existen vértices aislados (sin conexión ferroviaria), o subredes que no conectan las unas con las otras. En el caso de la red ferroviaria, otra característica relevante es que algunas conexiones entre dos nodos exigirían rutas mucho más largas que las necesarias en la conexión por carretera.

#### *Flujo dominante, flujo director, flujo significativo y flujo prioritario*

La aplicación empírica del análisis de grafos a las estructuras espaciales derivadas de la economía regional y urbana también ha resuelto con la incorporación de nuevos elementos conceptuales de utilidad en el análisis de redes. Kipnis (1985)<sup>6</sup>, Rabino y Occelli (1997)<sup>7</sup> y Casasses y Clusa (1981)<sup>8</sup> sintetizan algunos de estos

<sup>6</sup> KIPNIS, BARUCH A. (1985): “Graph analysis of metropolitan residential mobility: Methodology and theoretical implications”, *Urban Studies*, n° 22, p. 179-187.

<sup>7</sup> RABINO, GIOVANNI A. and SYLVIE OCCELLI (1996): “Understanding spatial structure from network data: theoretical considerations and applications”, paper presented at the 28th International Geographical Congress, The Hage, August 4-10, updated from *Cibergeo*, n° 29.

elementos en relación a la caracterización de los flujos directos entre dos nodos del sistema urbano: flujo dominante, flujo significativo y flujo prioritario. La utilización de estos tipos de flujos, lejos de ser excluyente, puede resultar complementaria<sup>9</sup>.

El **flujo dominante** caracteriza a priori la centralidad (jerarquía) de un nodo en una red de ciudades. El flujo dominante se caracteriza a menudo como un flujo máximo, siendo este el mayor flujo de salida originado en un nodo y dirigido a otro nodo. De esta manera, un nodo dominante es aquel que no dirige ningún flujo máximo a un nodo de menor importancia, y la jerarquía urbana puede obtenerse extrayendo del grafo el árbol asociado a la matriz de flujos entre los nodos del sistema urbano. La importancia de cada nodo (rango) puede determinarse mediante atributos (población, ocupación) o mediante el uso de indicadores asociados a la centralidad.

El **flujo director** puede considerarse como una variación del flujo dominante, en la que no se considera únicamente el flujo de mayor intensidad, sino los  $x$  flujos de mayor intensidad entrando o saliendo del nodo. En Casasses y Clusa (1981, Op.cit.) son los dos primeros flujos por destino, mientras que en Trullén y Boix (2000a, Op.cit.) se consideran los cuatro primeros flujos por destino. Cuanto menor es el número de flujos, más orientado está el resultado final hacia la obtención de estructuras jerárquicas, mientras que al aumentar el número de flujos directores por municipio, tiende a incrementar la reticularidad del sistema, puesto que se permite mayor multilateralidad.

El **flujo significativo** hace referencia a la intensidad y dirección de los flujos en la red. Para conocer qué flujos son significativos basta con fijar un umbral, los flujos que superen este umbral serán considerados significativos. La significatividad puede referirse al flujo de entrada, al flujo de salida o a ambos. Al contrario que en el caso del flujo dominante, lo importante en el flujo significativo es la existencia de relaciones recíprocas significativas entre los nodos, por lo que puede aplicarse la significatividad tanto a los flujos de salida como a los flujos de entrada. El caso más simple de flujo significativo es aquel en el que cualquier flujo existente es significativo, y por lo tanto se consideran todos los flujos del sistema.

Un problema asociado al flujo significativo es la determinación del umbral de significatividad. Este umbral puede fijarse en base a diferentes técnicas (Kipnis, 1985 p.182-183)<sup>10</sup>:

---

<sup>8</sup> CASASSES, LLUÍS y JOAQUIM CLUSA (1981): L'Organització territorial de Catalunya. Publicacions de la Fundació Jaume Bofill, Sant Joan Despí (Barcelona).

<sup>9</sup> Por ejemplo, en Trullén y Boix (2001b) se combina la utilización de flujos directores y significativos para obtener la estructura principal de la red de ciudades relacionada con la economía del conocimiento. TRULLÉN, JOAN Y RAFAEL BOIX (2001b): "Economia della conoscenza e reti di città: Città creative nell'era della conoscenza", *Sviluppo Locale*, vol.8, nº 18.

<sup>10</sup> Op.cit.

- a) Fijar el umbral arbitrariamente: este procedimiento es el más sencillo de implementar, aunque su inconveniente es el grado de discrecionalidad que se concede al investigador;
- b) Umbrales automáticos de interacción en base al uso de índices simples, como el promedio del flujo o la ratio de conexión;
- c) Umbrales automáticos de interacción en base al uso de índices complejos, como por ejemplo, la maximización del flujo. Ambos tipos de umbrales automáticos de interacción son menos discrecionales que el umbral arbitrario, aunque tampoco están totalmente exentos de ella.

El **flujo prioritario** es aquel flujo que es mayor de lo que se espera. Este tipo de flujos los encontramos al comparar una distribución ideal con la efectiva, siendo uno de los ejemplos más característicos la comparación en los modelos de gravedad entre los flujos predichos y los reales:  $T_{ij} - \hat{T}_{ij} \geq x$ , donde  $T_{ij}$  son los flujos reales entre el nodo  $i$  y el nodo  $j$ ,  $\hat{T}_{ij}$  son los flujos predichos entre el nodo  $i$  y el nodo  $j$ , y  $x$  es un umbral de significatividad para que el flujo sea aceptado. Este tipo de medidas plantea un doble problema: el primero es el de la forma de la distribución ideal con la que se comparan los flujos reales<sup>11</sup>, y el segundo es la fijación del umbral de significatividad, en el que nos encontramos con el mismo problema que con el flujo significativo .

#### *Punto de corte y puente*

Otros dos elementos importantes e la teoría de redes son el punto de corte (*cut point*) y el puente (*bridge*). Hablamos de **punto o nodo de corte** cuando al eliminar este nodo y los vínculos asociados, el grafo se convierte en un grafo desconectado, es decir, ya no existe continuidad entre todos los elementos del grafo. En determinadas circunstancias, este nodo tiene una gran importancia en su papel de enlace.

El **puente** (*bridge*) es un concepto similar al del punto de corte, sólo que en este caso se refiere al vínculo que sirve de enlace entre dos nodos. Si al eliminar el vínculo entre dos nodos el grafo se convierte en desconectado, el vínculo es un puente.

---

<sup>11</sup> Un ejemplo de la aplicación de la metodología de flujo prioritario para identificar redes de ciudades lo encontramos en Camagni, Diappi y Stabilini (1994). En este trabajo se comparan los resultados de un modelo de gravedad doblemente restringido, con una función exponencial y datos de flujos telefónicos, con los flujos telefónicos reales en Lombardia. Sin embargo, cuando en Boix (2000b) se ajusta con el mismo modelo datos de movilidad laboral para Cataluña, encuentra que los ajustes del modelo con una función exponencial y una potencial son muy similares en términos de bondad ( $R^2$ ; SRMS), pero sin embargo la diferencia final en los flujos prioritarios es radicalmente diferente. CAMAGNI, DIAPPI and STABILINI (1994): "City networks in the Lombardy region: an analysis in terms of communication flows", *Flux* n°15, p.37-50 ; BOIX, RAFAEL (2000b): "Policentrismo y redes de ciudades en la Región Metropolitana de Barcelona", en el curso "El Territori en la societat de les xarxes. Dinàmiques territorials i organització territorial", Consorci Universitat Internacional Menéndez Pelayo, Barcelona, 2 y 3 de Octubre de 2000.

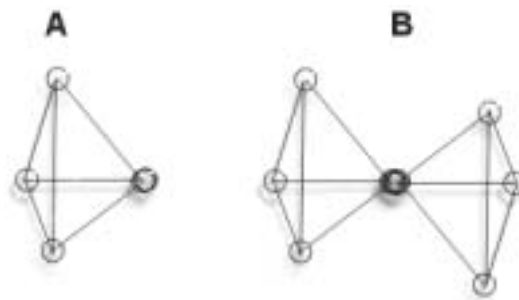
### 1.5. Grupos dentro de una red

La identificación de grupos entre los que existe una especial cohesión dentro de la red es un punto de sumo interés en la teoría de grafos y redes. Uno de los conceptos básicos en la identificación de grupos dentro de una red es el de “cliqué”.

Un **cliqué** es un subconjunto máximo de tres o más nodos, en los cuales cada nodo está directamente vinculado a cada uno de los otros (valor 1 en la matriz de adyacencia). Los cliqués pueden ser **clíqués fuertes**, cuando las relaciones directas entre los nodos sean recíprocas, o **clíqués débiles**, cuando no se exige reciprocidad, sino solo la existencia de una relación. La figura 6 muestra dos grafos con cliqués, el primero (A) está formado por un grafo completo en el que todos los nodos están directamente conectados (cliqué fuerte). El segundo grafo (B) está formado por dos cliqués idénticos que tienen un punto común por el que se unen formado un único grafo conexo.

La noción de cliqué como forma de identificar subgrafos suele resultar excesivamente restrictiva en la práctica, por lo que se han desarrollado figuras derivadas de la misma noción, pero con menores restricciones operacionales, como el “n-cliqué”. En el **n-cliqué**, la  $n$  es un número que indica el *path* máximo por el que se pueden conectar dos nodos. Por ejemplo, en un “1-cliqué” sólo se considerarán los nodos conectados directamente, como en un cliqué estándar, mientras que en un “2-cliqué” se tendrían en cuenta los nodos conectados directa e indirectamente con un recorrido máximo de dos vínculos.

**Figura 6. Cliqués**



### 1.6. Las redes multidimensionales de sistemas complejos: del grafo al poliedro

Hasta ahora hemos visto redes representadas en espacios bidimensionales. El análisis puede ampliarse a un espacio multidimensional, lo que permite estudiar realidades más complejas y la ampliación del instrumental para realizar el análisis.

El grafo representa relaciones binarias entre pares de nodos. Cuando el grafo tiene más de dos dimensiones (n-relaciones), se le llama **poliedro**<sup>12</sup>. El poliedro nos permite representar varios tipos de relaciones simultáneas entre los nodos del sistema urbano, o dentro de cada sistema urbano. Los poliedros multidimensionales

<sup>12</sup> A un poliedro con  $n$  vértices se le llama “simplex”.

son los análogos de los vínculos (*links*) en las redes bidimensionales (Johnson, 1995b, p. 49)<sup>13</sup>.

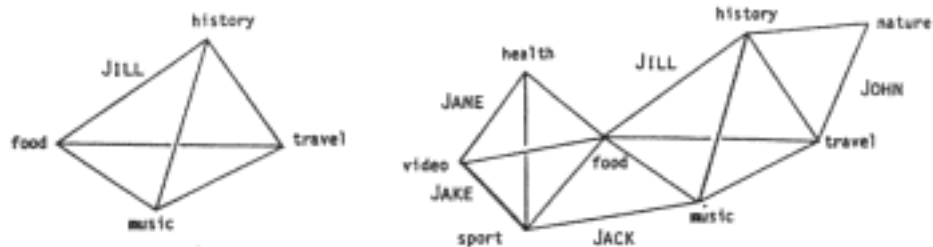
La figura 7 muestra varios ejemplos de redes multidimensionales. El primer dibujo corresponde a Johnson (1995b)<sup>14</sup>, e ilustra como la actividad del sistema se transmite a cadenas de conexión, reflejando una propiedad de los sistemas complejos: elementos o actores determinados pueden influenciar a otros con los que en un principio no tienen ninguna relación en común. La complejidad combinatoria es una propiedad común también en los sistemas urbanos.

El segundo dibujo corresponde a Kamann (1991)<sup>15</sup>. En (a) el comportamiento de los actores (unidimensionales) se determina por la configuración de la red en un único plano. En (b) y (c), los actores son multidimensionales, por lo que su comportamiento se determina por la posición de los actores en las redes de su plano y en las redes de otros planos.

El tercer dibujo corresponde a Camagni<sup>16</sup>, y muestra la complejidad de la red urbana en tres niveles. A la cantidad de relaciones cruzadas dentro del mismo nivel de la jerarquía urbana se añaden las interdependencias que se producen indirectamente, a través de los otros niveles.

### Figura 7. Ejemplos de poliedros

#### 1) Red unidimensional y multidimensional



Fuente: Johnson (1995b, p. 58)

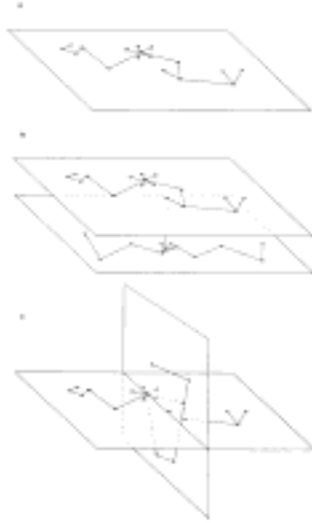
<sup>13</sup> JOHNSON, J. (1995b): "The Multidimensional Networks of Complex Systems", en D.F.BATTEN, J.L.CASTI y R.THORD, *Networks in Action*. Springer Verlag, Berlin.

<sup>14</sup> Op.cit.

<sup>15</sup> KAMANN, D. (1991): "The distribution of dominance in networks and its spatial implications", en BERGMAN, E.; MAIER, G. y FRANZ TÖDTLING (Eds.) (1991): *Regions Reconsidered: Economic Networks, Innovation, and Local Development in Industrialized Countries*. Mansell, London.

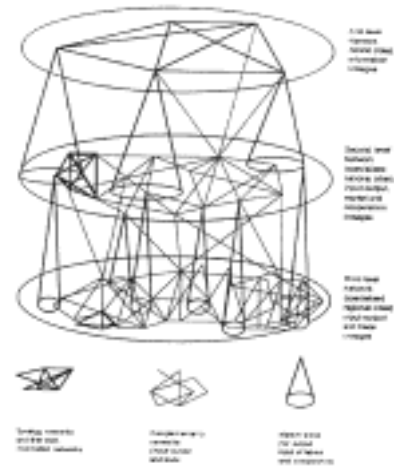
<sup>16</sup> CAMAGNI, ROBERTO (1994) : "From city hierarchy to city network: reflections about an emerging paradigm", en JUAN R. CUADRADO-ROURA, PETER NIJKAMP and PERE SALVA (eds.) *Moving frontiers economic restructuring, regional development and emerging networks*, Avebury.

2) Actores unidimensionales y multidimensionales en el espacio



Fuente: Kamann (1991, p. 36)

3) Relaciones entre diferentes niveles del sistema urbano



Fuente: Reproducido de Camagni (1994)

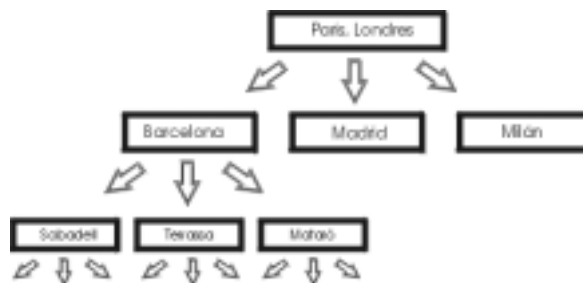
1.7. Jerarquías

Jerarquías

El concepto de **jerarquía** es un concepto muy común, que se utiliza para definir las **relaciones asimétricas** entre los nodos de la red.

Una característica que se suele cumplir en las jerarquías es la **propiedad asociativa**, es decir, si la ciudad A domina a la ciudad B, y la ciudad B domina a la ciudad C, entonces A domina también a C. Cuando se cumple esta propiedad, las estructuras suelen presentar forma de **árbol**. El árbol está muy relacionado con la idea partición, y con la división en conjuntos mutuamente exclusivos.

Figura 8. Jerarquía y árbol





Sin embargo, otros sistemas jerárquicos muestran jerarquías no particionales, o heterarquías, donde las diferentes ramas del árbol son diferentes formas de clasificar una misma realidad.

El concepto de árbol jerárquico es demasiado restrictivo para algunas realidades, porque requiere que un elemento tenga solo un superior (excepto el primer elemento del árbol). Por esto se introduce el concepto de *lattice* (reja o celosía), donde un elemento puede tener más de un superior, al tiempo que se permite que un elemento sea superior o inferior dado un par de elementos.

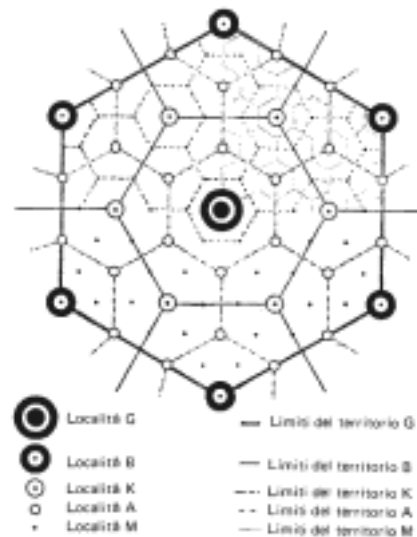
**Figura 9.** Ejemplos de *lattices*



Fuente: Reproducido de Johnson (1995a, p. 42)

Cuando al hablar de los modelos de lugar central hacemos referencia a la figura del árbol, lo hacemos por sencillez explicativa, pero en realidad la representación matemática de Christaller se corresponde mejor con figuras en forma de *lattice*, pues permiten que un nodo tenga más de un jerárquico superior, como puede observarse en la figura 10. Los centros de rango K dependen de varios centros de rango superior (B ó G), idénticamente, los centros de rango A y M también pueden depender simultáneamente de varios centros de rango superior. No obstante, en la realidad la regularidad matemática de Christaller es muy difícil de observar, y los nodos suelen gravitar fundamentalmente hacia un único centro de rango superior, de manera que dependiendo del sistema, será más fácil encontrar figuras en forma de árbol o de *lattice*.

**Figura 10.** *Lattices* en el modelo de Christaller

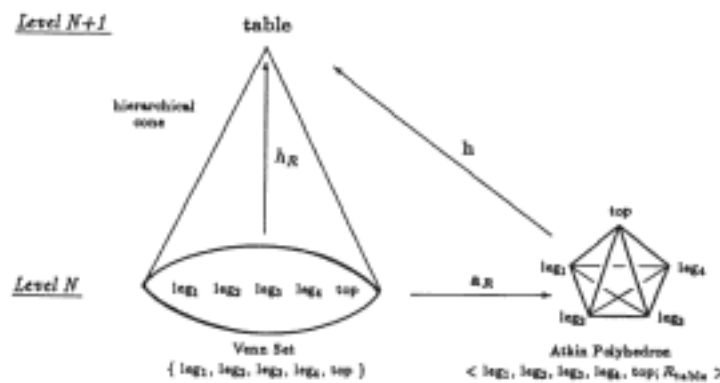


Fuente: Reproducido de Christaller (1933, edición italiana de 1980, p. 100)

*El diagrama fundamental de los sistemas jerárquicos*

Para comprender un sistema, es esencial distinguir entre conjuntos que han sido ensamblados para formar objetos estructurados, y los conjuntos mismos. El diagrama fundamental de los sistemas jerárquicos muestra un conjunto de partes de una tabla (vértices, representados con el nombre de *legs*), unidas por una relación *R*; la parte de abajo del diagrama es un diagrama de Venn (elipse). El poliedro de la derecha es un poliedro de Atkin, y representa los vínculos de la red. El poliedro de Atkin representa la idea tráfico multidimensional sobre la estructura de un poliedro conectado (Johnson, 1995b, p. 53)<sup>17</sup>.

**Figura 11.** *El diagrama fundamental de los sistemas jerárquicos*



Fuente: Reproducido de Johnson (1995b, p. 52)

*Representación matemática de la jerarquía*

El conjunto jerárquico  $(N+K-i)$  de un elemento  $X_j^{N+K}$  está definido por

$$\mathcal{E}^{N+K-i}(x_j^{N+K}) \stackrel{def}{=} h^{-i}(x_j^{N+K}) \tag{1}$$

El conjunto jerárquico de un nivel  $(N+K)$  de un objeto  $X_j^{N+K}$  está definido por

$$\mathcal{E}(x_j^{N+K}) \stackrel{def}{=} \prod_{i=0}^{N+K} \mathcal{E}^{-i}(x_j^{N+K}) \tag{2}$$

Dos objetos  $X_j^{N+K}$  e  $Y_j^{N+K}$  son vecinos jerárquicos si

$$\mathcal{E}(x_j^{N+K}) \cap \mathcal{E}(y_j^{N+K}) \neq \emptyset \tag{3}$$

<sup>17</sup> Op.cit.

### ANEXO 3. Redes de ciudades: mapas completos

Figura 1. Cuatro primeros flujos directores 1986 y 1991

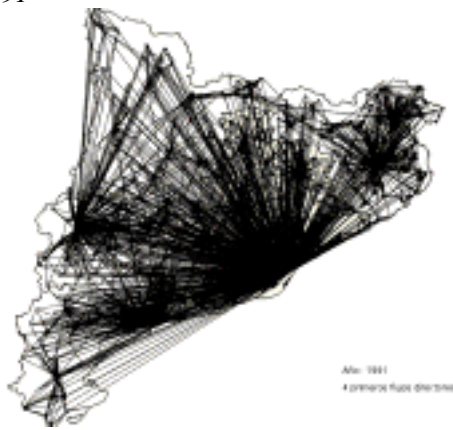
Mapas incluyendo Barcelona

Mapas excluyendo Barcelona

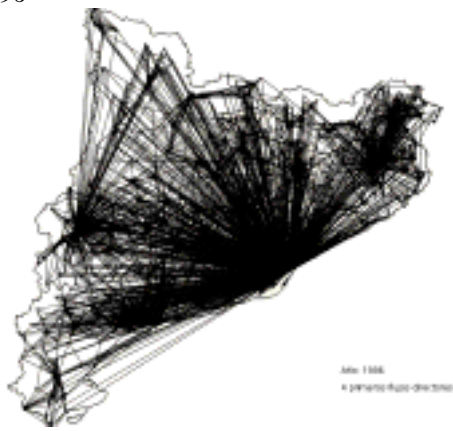
a) 1986



b) 1991



c) 1996



Fuente: Elaboración a partir de censos y padrones (IDESCAT)

**Figura 2.** Cuatro primeros flujos directores 1986 y 1991. Filtro mínimo de 100 commuters

Mapas incluyendo Barcelona

Mapas excluyendo Barcelona

a) 1986



b) 1991



c) 1996



Fuente: Elaboración a partir de censos y padrones (IDEGCAT)

**Figura 3.** Cuatro primeros flujos directores 1986 y 1991. Filtro mínimo de 50 commuters

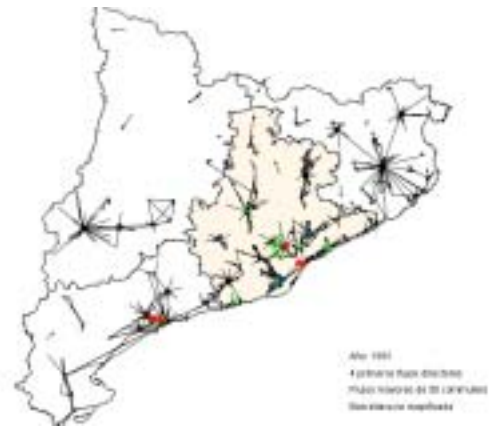
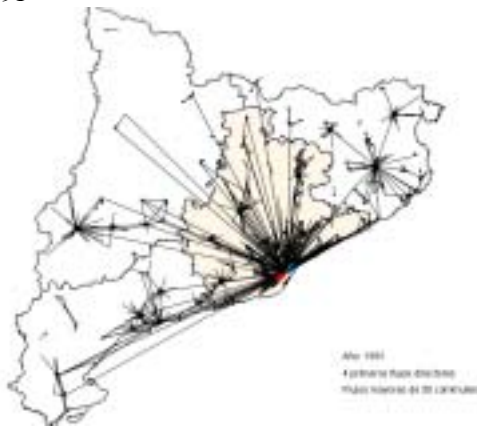
Mapas incluyendo Barcelona

Mapas excluyendo Barcelona

a) 1986



b) 1991



c) 1996



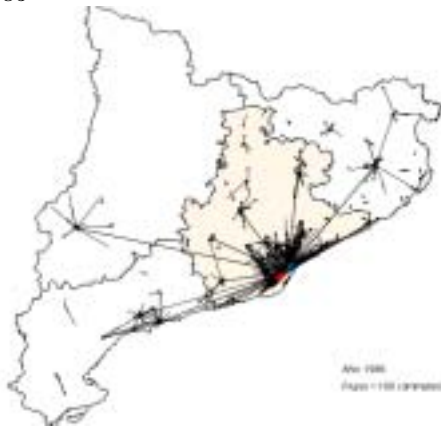
Fuente: Elaboración a partir de censos y padrones (IDESCAT)

**Figura 4.** Flujos significativos 1986 y 1991. Filtro mínimo de 100 commuters

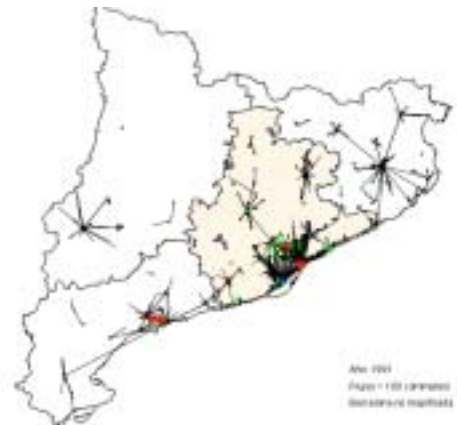
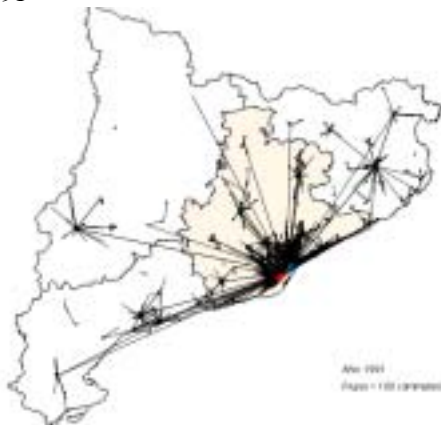
Mapas incluyendo Barcelona

Mapas excluyendo Barcelona

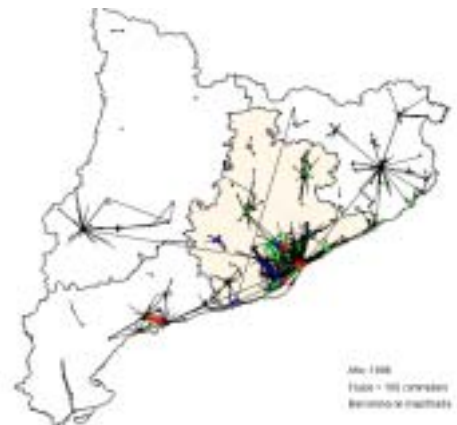
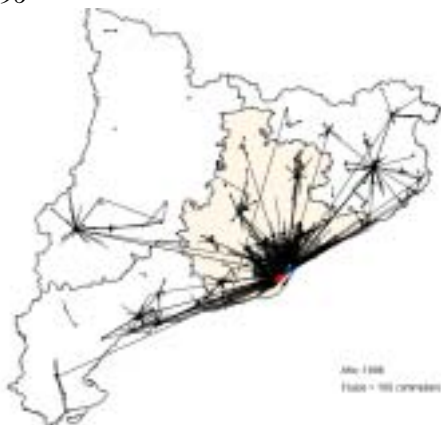
a) 1986



b) 1991



c) 1996



Fuente: Elaboración a partir de censos y padrones (IDESCAT)

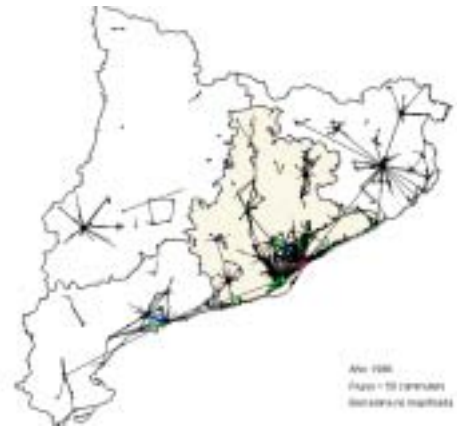
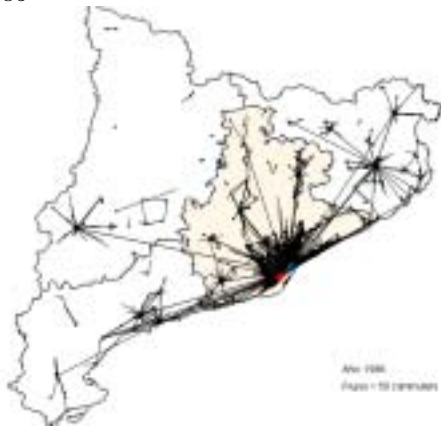


**Figura 5.** Flujos significativos 1986 y 1991. Filtro mínimo de 50 commuters

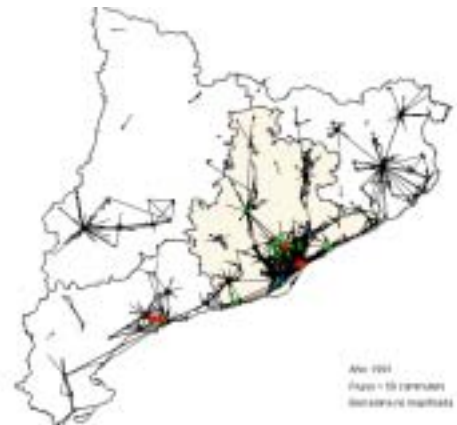
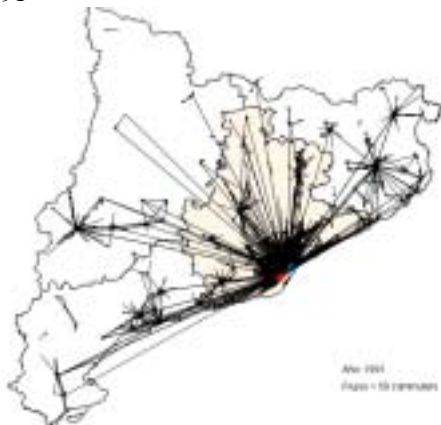
Mapas incluyendo Barcelona

Mapas excluyendo Barcelona

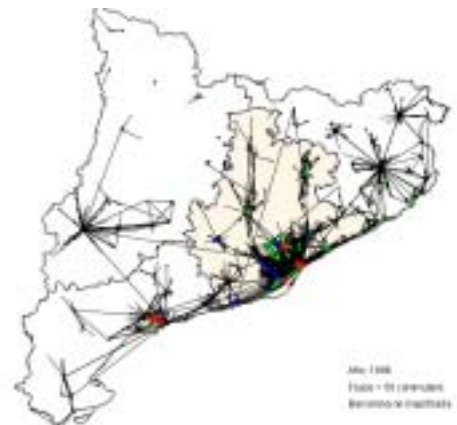
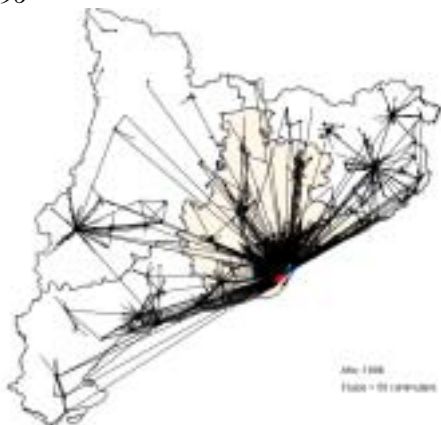
a) 1986



b) 1991



c) 1996



Fuente: Elaboración a partir de censos y padrones (IDESCAT)

**Figura 6.** Cuatro primeros flujos de movilidad laboral por destino y jerarquía 1986

a) *Redes verticales*



b) *Redes verticales excluyendo Barcelona*



c) *Redes horizontales*



d) *Redes verticales y horizontales excluyendo Barcelona*

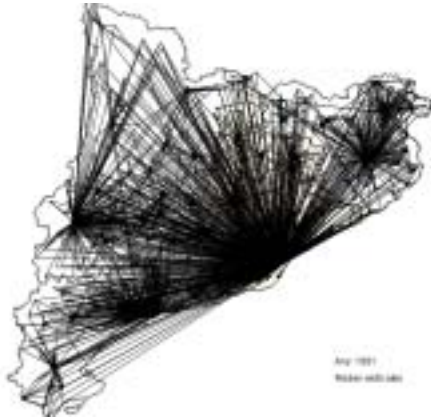


Fuente: Elaboración a partir de censos y padrones (IDESCAT)



**Figura 7.** Cuatro primeros flujos de movilidad laboral por destino y jerarquía 1991

a) *Redes verticales*



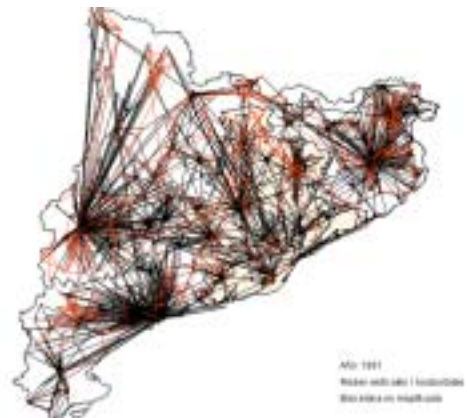
b) *Redes verticales excluyendo Barcelona*



c) *Redes horizontales*



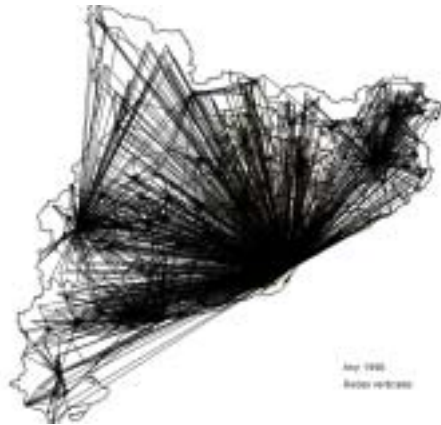
d) *Redes verticales y horizontales excluyendo Barcelona*



Fuente: Elaboración a partir de censos y padrones (IDSCAT)

**Figura 8.** Cuatro primeros flujos de movilidad laboral por destino y jerarquía 1996

a) *Redes verticales*



b) *Redes verticales excluyendo Barcelona*



c) *Redes horizontales*



d) *Redes verticales y horizontales excluyendo Barcelona*



Fuente: Elaboración a partir de censos y padrones (IDESCAT)

**Figura 9.** Cuatro primeros flujos de movilidad laboral por destino y jerarquía 1986. Filtro mínimo de 100 commuters

a) Redes verticales



b) Redes verticales excluyendo Barcelona



c) Redes horizontales



d) Redes verticales y horizontales excluyendo Barcelona



Fuente: Elaboración a partir de censos y padrones (IDESCAT)

**Figura 10.** Cuatro primeros flujos de movilidad laboral por destino y jerarquía 1991. Filtro mínimo de 100 commuters

a) Redes verticales



b) Redes verticales excluyendo Barcelona



c) Redes horizontales



d) Redes verticales y horizontales excluyendo Barcelona



Fuente: Elaboración a partir de censos y padrones (IDESCAT)

**Figura 11.** Cuatro primeros flujos de movilidad laboral por destino y jerarquía 1996.  
Filtro mínimo de 100 commuters

a) Redes verticales



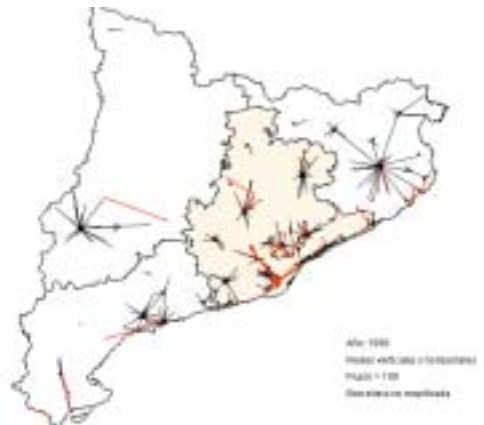
b) Redes verticales excluyendo Barcelona



c) Redes horizontales



d) Redes verticales y horizontales excluyendo Barcelona



Fuente: Elaboración a partir de censos y padrones (IDESCAT)

**Figura 12.** Cuatro primeros flujos de movilidad laboral por destino y jerarquía 1986.  
Filtro mínimo de 50 commuters

a) Redes verticales



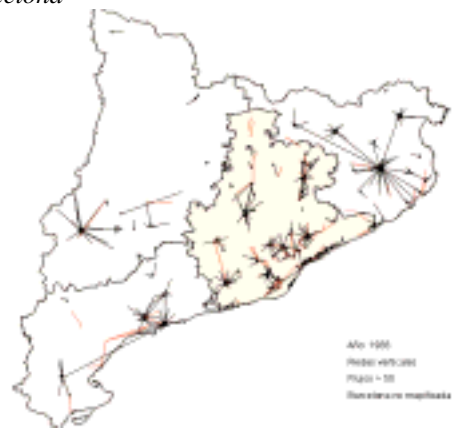
b) Redes verticales excluyendo Barcelona



c) Redes horizontales



d) Redes verticales y horizontales excluyendo Barcelona



Fuente: Elaboración a partir de censos y padrones (IDESCAT)

**Figura 13.** Cuatro primeros flujos de movilidad laboral por destino y jerarquía 1991. Filtro mínimo de 50 commuters

a) Redes verticales



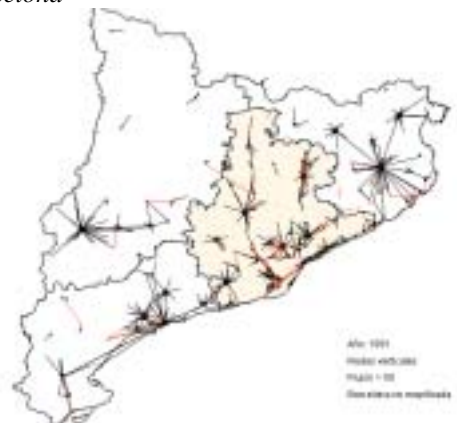
b) Redes verticales excluyendo Barcelona



c) Redes horizontales



d) Redes verticales y horizontales excluyendo Barcelona

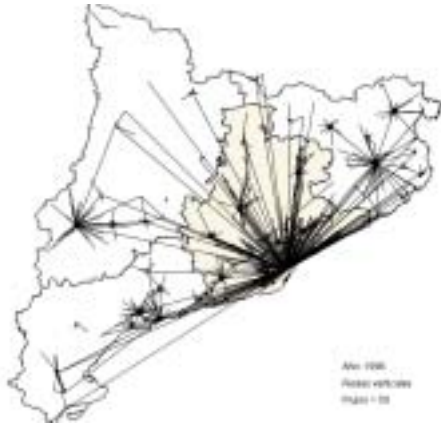


Fuente: Elaboración a partir de censos y padrones (IDESCAT)



**Figura 14.** Cuatro primeros flujos de movilidad laboral por destino y jerarquía 1996.  
Filtro mínimo de 50 commuters

a) Redes verticales



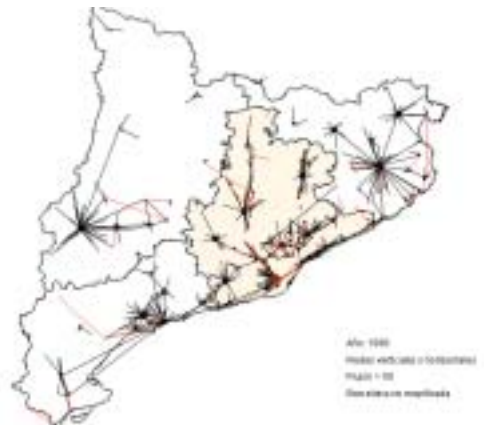
b) Redes verticales excluyendo Barcelona



c) Redes horizontales



d) Redes verticales y horizontales excluyendo Barcelona



Fuente: Elaboración a partir de censos y padrones (IDESCAT)



**Figura 15.** Flujos de movilidad laboral por destino y jerarquía 1986. Filtro mínimo de 100 commuters

a) Redes verticales



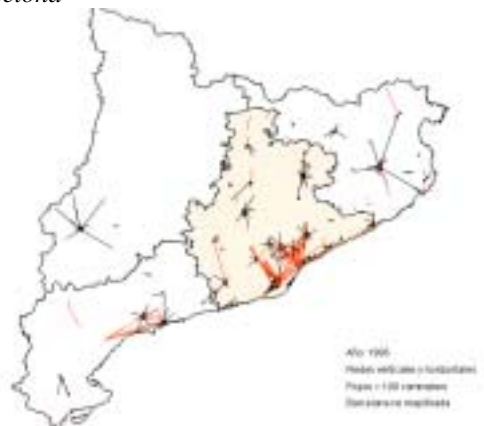
b) Redes verticales excluyendo Barcelona



c) Redes horizontales



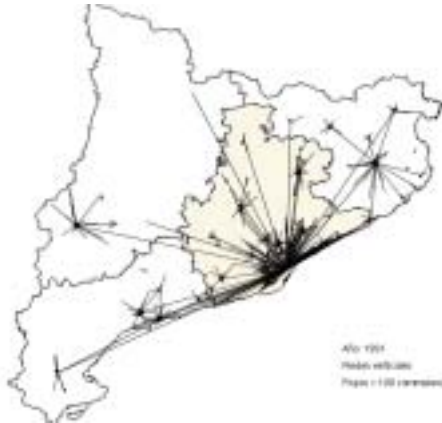
d) Redes verticales y horizontales excluyendo Barcelona



Fuente: Elaboración a partir de censos y padrones (IDESCAT)

**Figura 16.** Flujos de movilidad laboral por destino y jerarquía 1991. Filtro mínimo de 100 commuters

a) Redes verticales



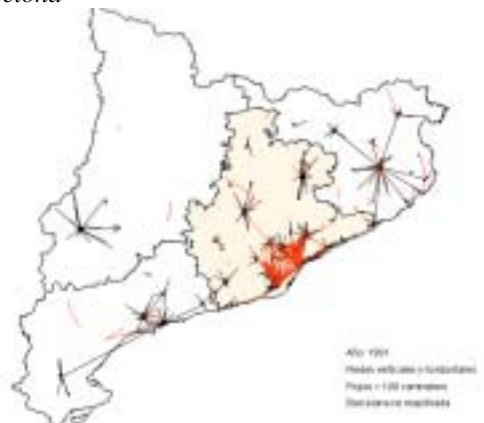
b) Redes verticales excluyendo Barcelona



c) Redes horizontales



d) Redes verticales y horizontales excluyendo Barcelona



Fuente: Elaboración a partir de censos y padrones (IDESCAT)

**Figura 17.** Flujos de movilidad laboral por destino y jerarquía 1996. Filtro mínimo de 100 commuters

a) Redes verticales



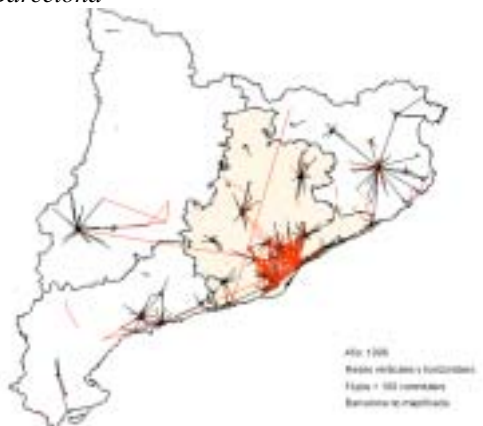
b) Redes verticales excluyendo Barcelona



c) Redes horizontales



d) Redes verticales y horizontales excluyendo Barcelona



Fuente: Elaboración a partir de censos y padrones (IDESCAT)

**Figura 18.** Flujos de movilidad laboral por destino y jerarquía 1986. Filtro mínimo de 50 commuters

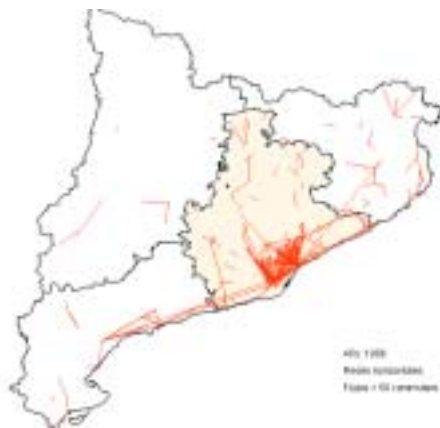
a) Redes verticales



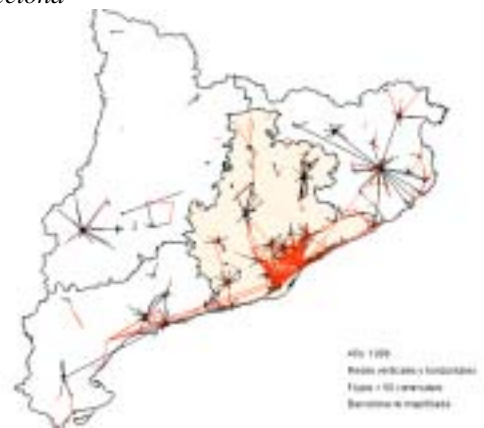
b) Redes verticales excluyendo Barcelona



c) Redes horizontales



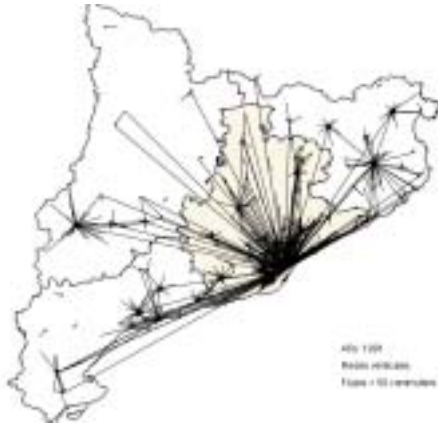
d) Redes verticales y horizontales excluyendo Barcelona



Fuente: Elaboración a partir de censos y padrones (IDESCAT)

**Figura 19.** Flujos de movilidad laboral por destino y jerarquía 1991. Filtro mínimo de 50 commuters

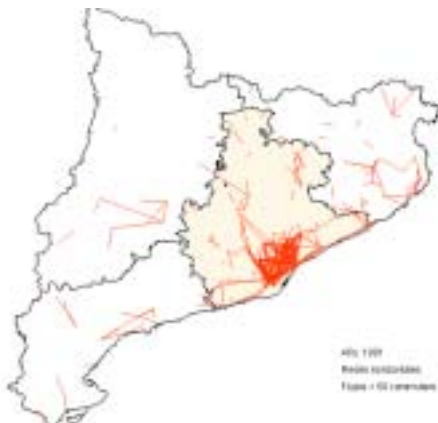
a) Redes verticales



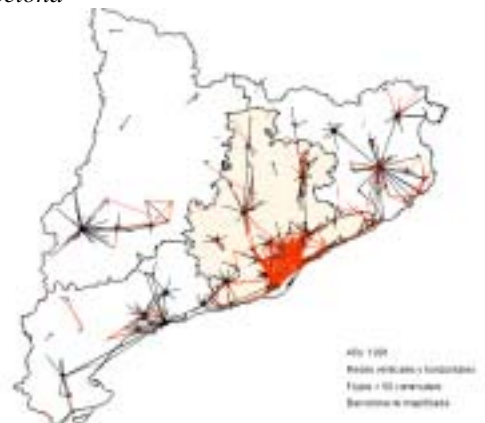
b) Redes verticales excluyendo Barcelona



c) Redes horizontales



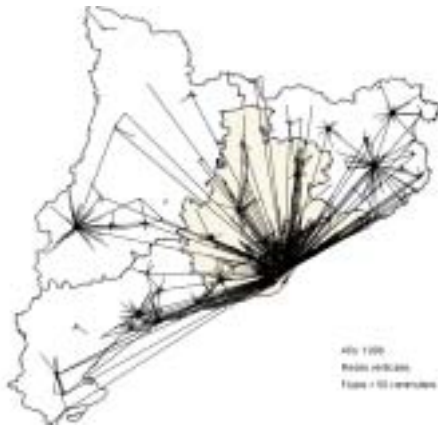
d) Redes verticales y horizontales excluyendo Barcelona



Fuente: Elaboración a partir de censos y padrones (IDESCAT)

**Figura 20.** Flujos de movilidad laboral por destino y jerarquía 1996. Filtro mínimo de 50 commuters

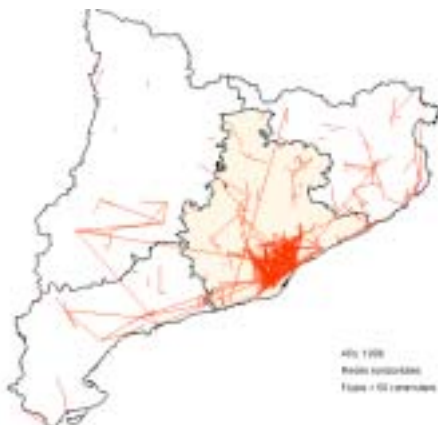
a) Redes verticales



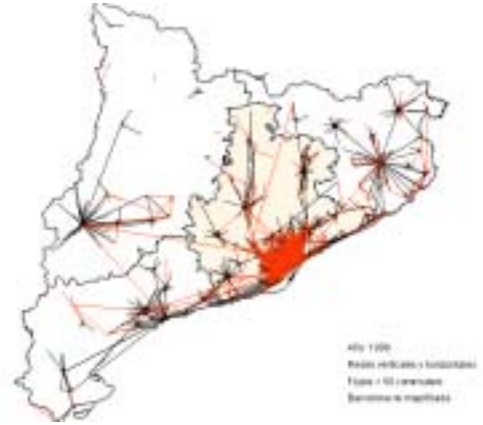
b) Redes verticales excluyendo Barcelona



c) Redes horizontales



d) Redes verticales y horizontales excluyendo Barcelona

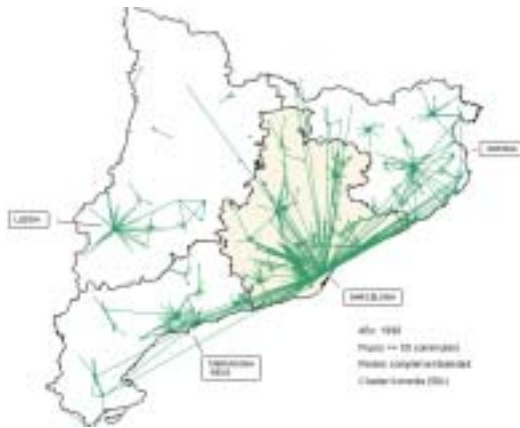


Fuente: Elaboración a partir de censos y padrones (IDEGCAT)

**Figura 21. Redes de sinergia y de complementariedad**

a) *Redes de complementariedad*

b) *Redes de complementariedad, Barcelona no mapificada*



c) *Redes de sinergia*

d) *Redes de sinergia, Barcelona no mapificada*

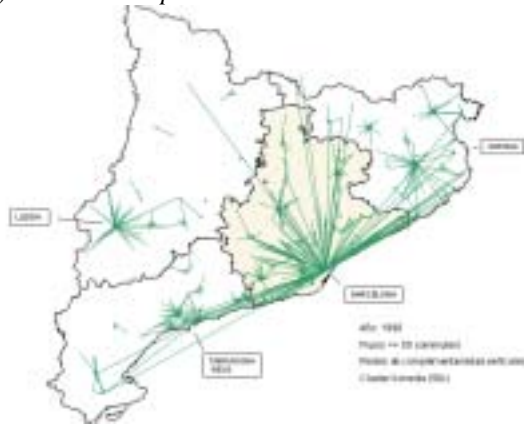


Fuente: Elaboración a partir de censos y padrones (IDESCAT)



**Figura 22.** Desagregación de la complementariedad y la sinergia en relación con la estructura jerárquica

a) Redes de complementariedad verticales



b) Redes de sinergia verticales



c) Redes de complementariedad verticales, Barcelona no mapificada



d) Redes de sinergia verticales, Barcelona no mapificada



e) Redes de complement. horizontales



e) Redes de sinergia horizontales



Fuente: Elaboración a partir de censos y padrones (IDESCAT)



**Figura 23.** Redes relacionadas con el conocimiento alto. Flujo mínimo de 100 commuters

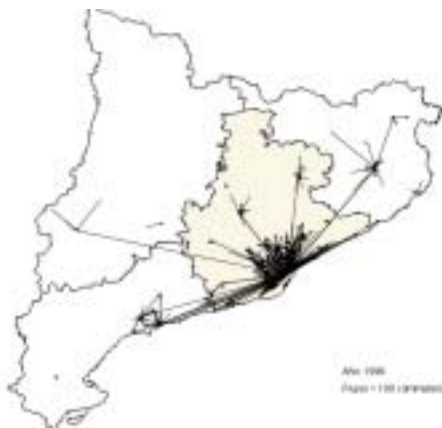
Mapas incluyendo Barcelona

Mapas excluyendo Barcelona

a) 1991



b) 1996



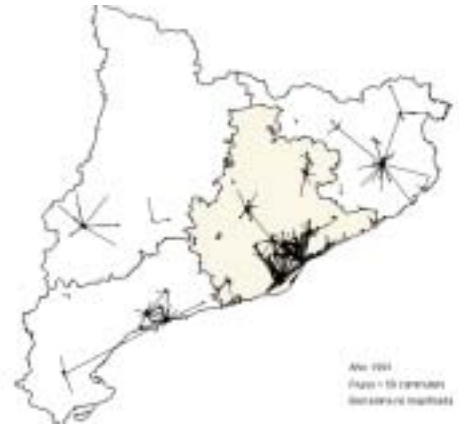
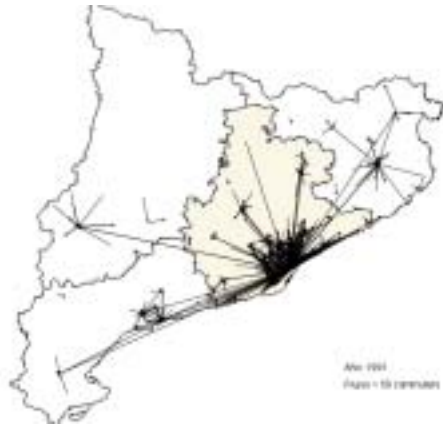
Fuente: Elaboración a partir de censos y padrones (IDESCAT) y OCDE 2001

**Figura 24.** Redes relacionadas con el conocimiento alto. Flujo mínimo de 50 commuters

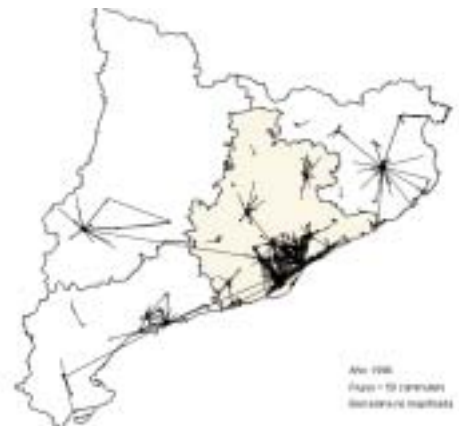
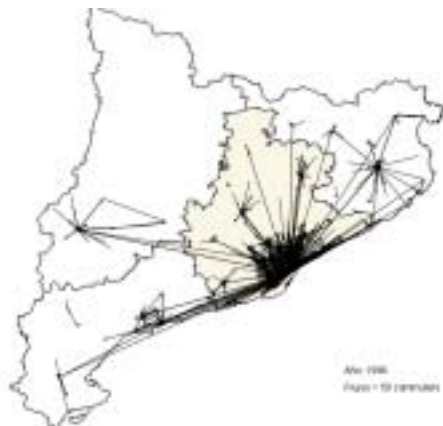
Mapas incluyendo Barcelona

Mapas excluyendo Barcelona

a) 1991



b) 1996



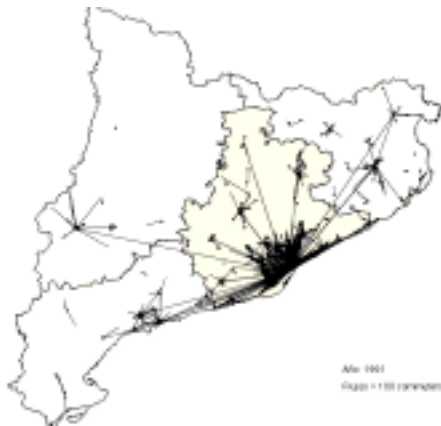
Fuente: Elaboración a partir de censos y padrones (IDESCAT) y OCDE 2001

**Figura 25.** Redes relacionadas con el conocimiento bajo. Flujo mínimo de 100 commuters

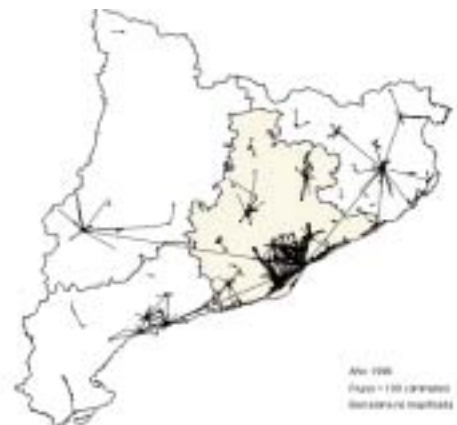
Mapas incluyendo Barcelona

Mapas excluyendo Barcelona

a) 1991



b) 1996



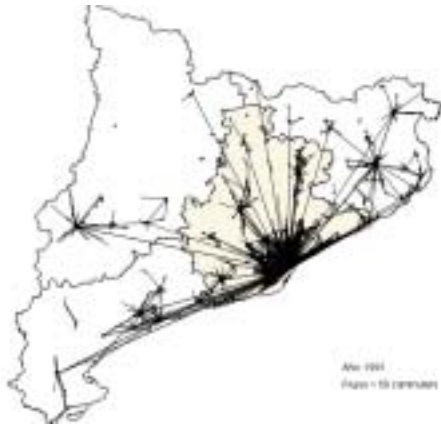
Fuente: Elaboración a partir de censos y padrones (IDESCAT) y OCDE 2001

**Figura 26.** Redes relacionadas con el conocimiento bajo. Flujo mínimo de 50 commuters

Mapas incluyendo Barcelona

Mapas excluyendo Barcelona

a) 1991



b) 1996



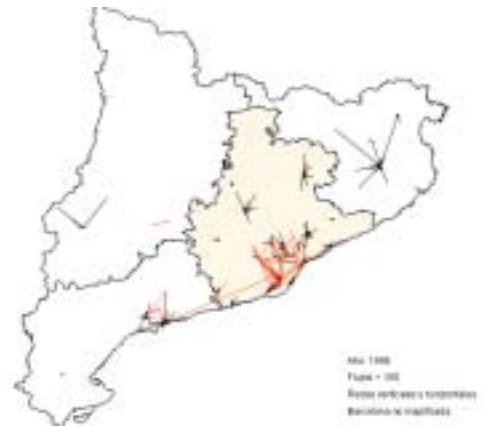
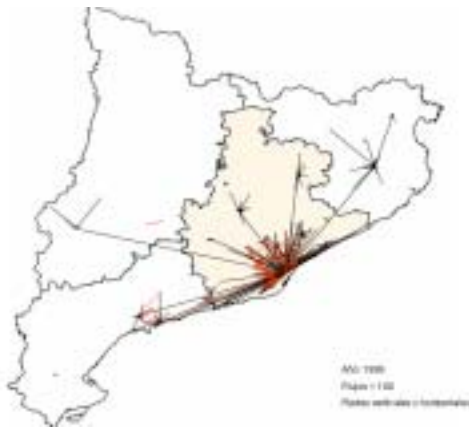
Fuente: Elaboración a partir de censos y padrones (IDESCAT) y OCDE 2001

**Figura 27.** Redes verticales y horizontales relacionadas con el conocimiento alto. Flujo mínimo de 100 commuters

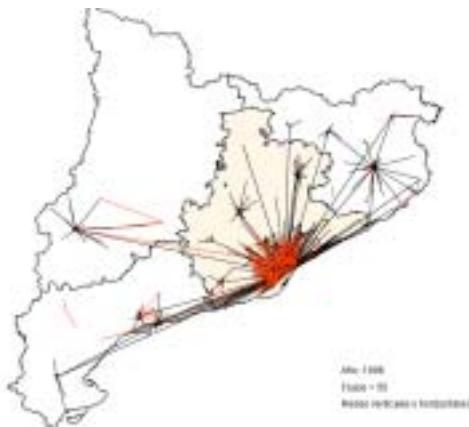
Mapas incluyendo Barcelona

Mapas excluyendo Barcelona

a) 1991



b) 1996



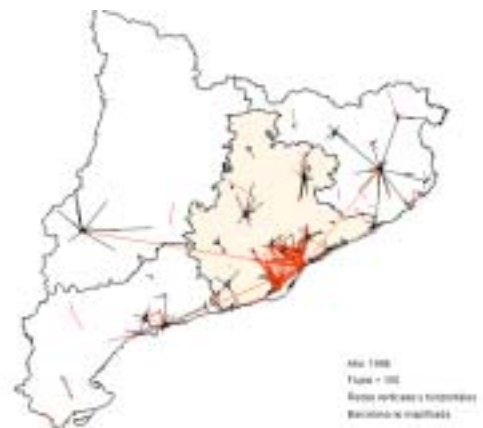
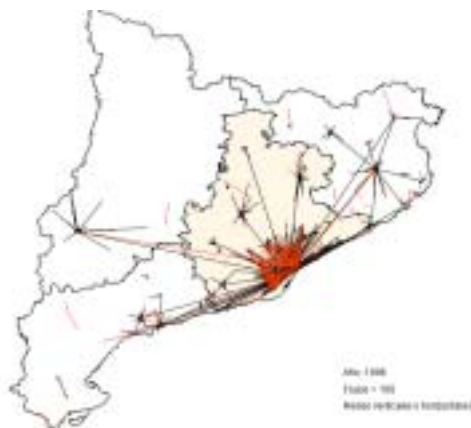
Fuente: Elaboración a partir de censos y padrones (IDESCAT) y OCDE 2001

**Figura 28.** Redes verticales y horizontales relacionadas con el conocimiento bajo. Flujo mínimo de 100 commuters

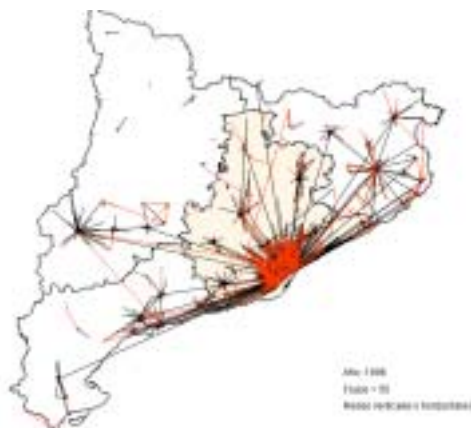
Mapas incluyendo Barcelona

Mapas excluyendo Barcelona

a) 1991



b) 1996



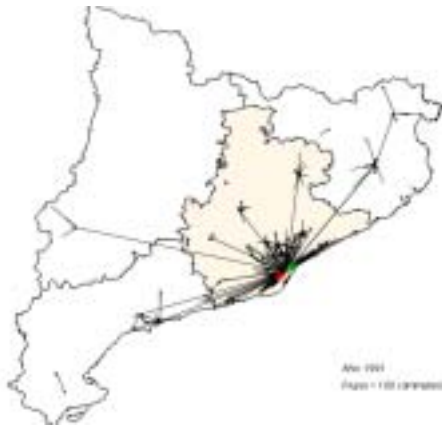
Fuente: Elaboración a partir de censos y padrones (IDESCAT) y OCDE 2001

**Figura 29.** Redes y recursos humanos directamente relacionados con la ciencia y la tecnología 1991. Flujo mínimo de 100 commuters

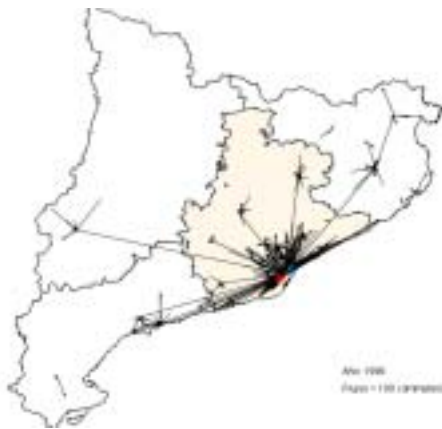
Mapas incluyendo Barcelona

Mapas excluyendo Barcelona

a) 1991



b) 1996



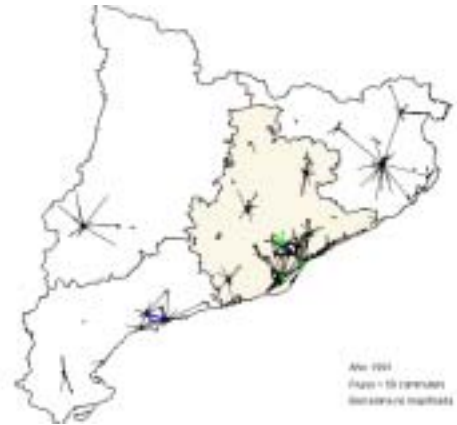
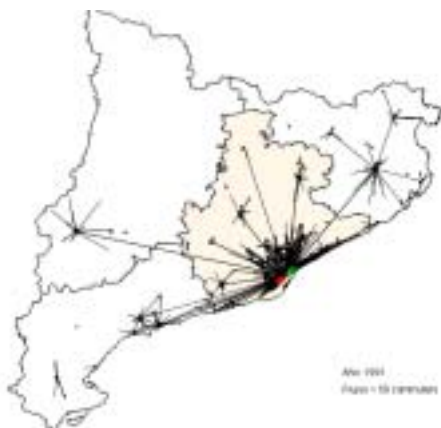
Fuente: Elaboración a partir de censos y padrones (IDESCAT) y OCDE 2001

**Figura 30.** Redes y recursos humanos directamente relacionados con la ciencia y la tecnología 1996. Flujo mínimo de 50 commuters

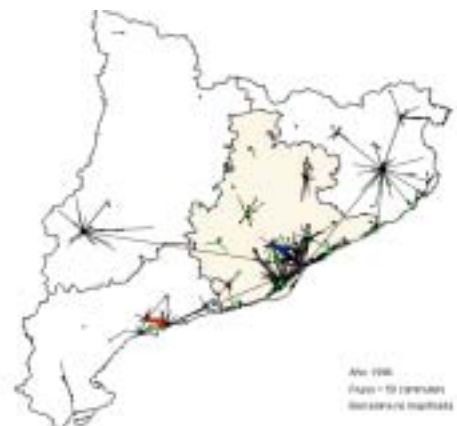
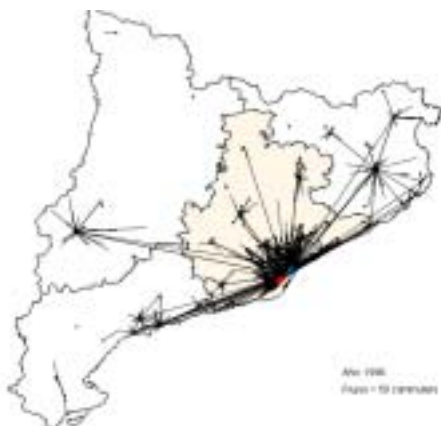
Mapas incluyendo Barcelona

Mapas excluyendo Barcelona

a) 1991



b) 1996



Fuente: Elaboración a partir de censos y padrones (IDESCAT) y OCDE 2001

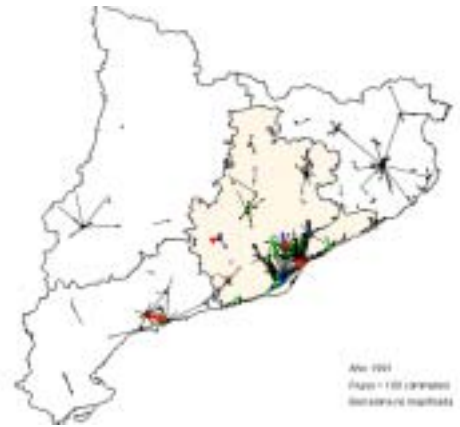
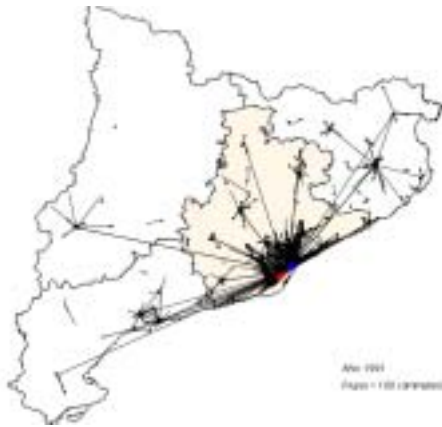


**Figura 31.** Redes y recursos humanos no relacionados con la ciencia y la tecnología 1991.  
Flujo mínimo de 100 commuters

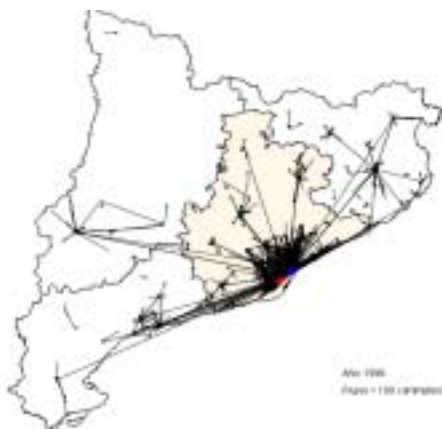
Mapas incluyendo Barcelona

Mapas excluyendo Barcelona

a) 1991



b) 1996



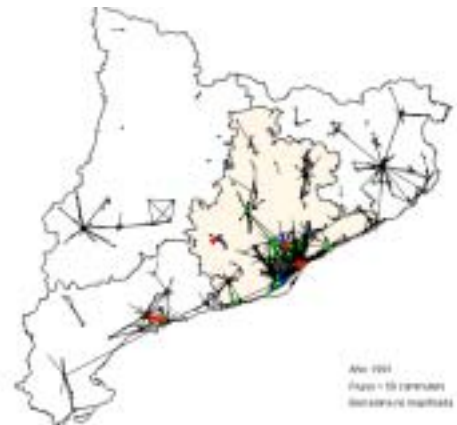
Fuente: Elaboración a partir de censos y padrones (IDESCAT) y OCDE 2001

**Figura 32.** Redes y recursos humanos no relacionados con la ciencia y la tecnología 1996.  
Flujo mínimo de 50 commuters

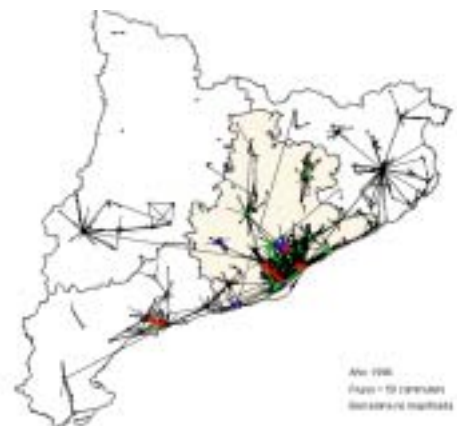
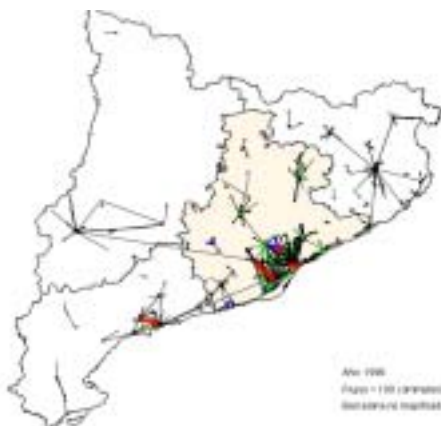
Mapas incluyendo Barcelona

Mapas excluyendo Barcelona

a) 1991



b) 1996



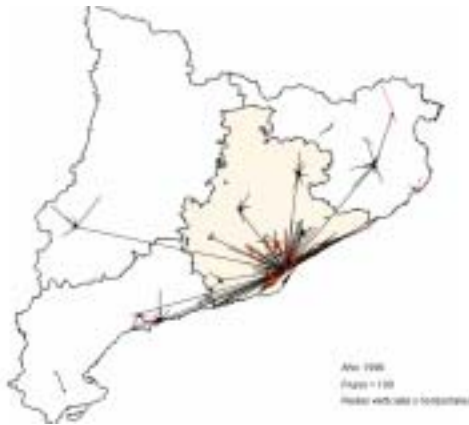
Fuente: Elaboración a partir de censos y padrones (IDESCAT) y OCDE 2001

**Figura 33.** Redes y recursos humanos directamente relacionados con la ciencia y la tecnología 1996.

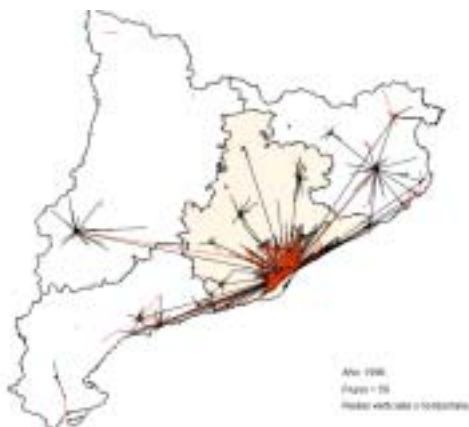
Mapas incluyendo Barcelona

Mapas excluyendo Barcelona

a) Flujo mínimo de 100 commuters



b) Flujo mínimo de 50 commuters



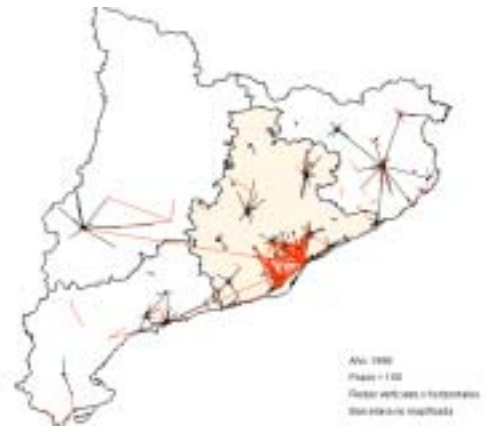
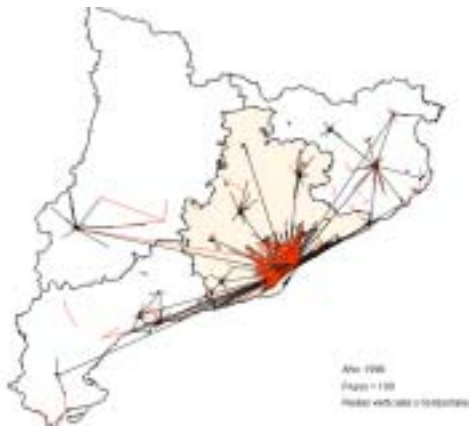
Fuente: Elaboración a partir de censos y padrones (IDESCAT) y OCDE 2001

**Figura 34.** Redes verticales y horizontales, y recursos humanos no relacionados con la ciencia y la tecnología 1996. Flujo mínimo de 50 commuters

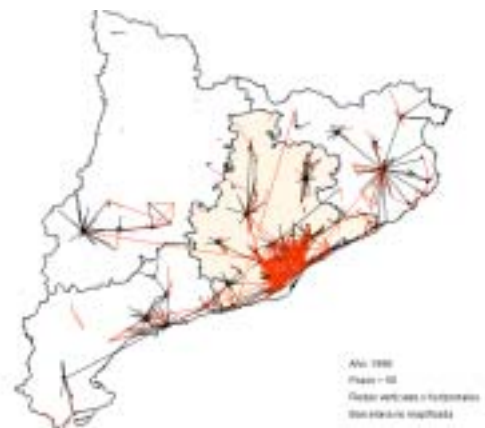
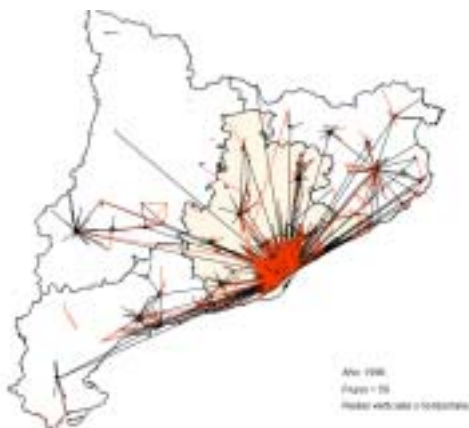
Mapas incluyendo Barcelona

Mapas excluyendo Barcelona

a) Flujo mínimo de 100 commuters



b) Flujo mínimo de 50 commuters



Fuente: Elaboración a partir de censos y padrones (IDESCAT) y OCDE 2001

## Anexo 4. Redes de ciudades: indicadores de red

Tabla 1. Características de la red y los municipios a partir de indicadores de red

	F.D. Brutos	F.Significativos
<b>ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS</b>		
Nº de municipios	944	489
Nº de relaciones (tamaño de red)	3.771	1.454
Densidad de la red	0,42% / 99.87%	0,61%
<b>Triadas</b>		
o Total triadas:	4.986	3.141
o % sobre el total de triadas posibles	0%	0%
o % triadas ordenadas transitivas	34,46%	34,68%
<b>COHESIÓN</b>		
Distancia geodésica media	8,55	3,119
Diámetro	35	8
<b>CENTRALIDAD</b>		
<b>Grado de entrada normalizado</b>		
· Matriz binaria asimétrica		
o Red	65,29%	42,30%
o Nodos	Barcelona (65,6); Lleida (16,2); Girona (15,5); Tarragona (11,7); Figueres (7,6); Reus (7,4); Manresa (5,5); Vic (5,4); Valls (4,3); Cervera (4,1)	Barcelona (42,8), Girona (9,01), Granollers (8,19), Lleida (7,9), Hospitalet de Ll. (7,5), Tarragona (6,1), Badalona (5,9), Terrassa (5,9), Martorell (5,3), Sabadell (4,7)
<b>Centr.autovalores normalizada</b>		
· Matriz binaria simétrica		
o Red	90,35%	49,92%
o Nodos	Barcelona (90,4); Lleida (21,0); Tarragona (14,3); Girona (13,4); Reus (9,7); Manresa (8,9); Cervera (8,7); Hospitalet de Ll. (8,2); Vic (7,9); Igualada (7,5)	Barcelona (50), Hospitalet de Ll. (33), Badalona (32), Santa Coloma de G. (27), Sabadell (26), Cornellà de Ll. (25), Terrassa (25), Rubí (24), Sant Cugat del Vallès (22), Sant Boi de Ll. (22)
<b>INTERMEDIACIÓN (Freeman normalizada)</b>		
· Matriz binaria simétrica		
o Red	87,90%	78,05%
o Nodos	Barcelona (87,9); Girona (12,7); Lleida (6,2); Tarragona (4,7); Reus (3,2); Vic (1,5); Tortosa (1,3); Castelló d'Empúries (1,0); Manresa (0,9); Manlleu (0,9)	Barcelona (78,3), Lleida (14,4), Girona (9,3), Figueres (8,4), Reus (7,7), Tarragona (5,2), Vilafranca del P. (4,9), Vic (3,5), Olot (3,5), Badalona (3,5)
<b>INFLUENCIA Taylor (por columna)</b>		
· Matriz binaria asimétrica (Beta = 0,5)		
o Nodos	Barcelona (0,163); Lleida (0,040); Girona (0,038); Tarragona (0,028); Figueres (0,018); Reus (0,018); Manresa (0,013); Vic (0,012); Valls (0,010); Cervera (0,009)	Barcelona (0,21), Santa Margarida i els M. (0,19), Vilafranca del P. (0,17), Castellet i la G. (0,10), Vilanova i la G. (0,09), Arboç (0,05), Granollers, Palafolls (0,03), Hospitalet de Ll. (0,03), Tarragona (0,03)
<b>PODER (Bonacich; Beta = 0)</b>		
· Matriz binaria asimétrica		
o Media de la red		5,93
o Nodos	Barcelona (1669); Lleida (467); Girona (399); Tarragona (299); Figueres (260); Reus (205); Vic (168); Manresa (144); Valls (128); Igualada (112)	Barcelona (210), Hospitalet de Ll. (59), Badalona (57), Granollers (46), Girona (46), Lleida (44), Sabadell (39), Santa Coloma de G. (39), Terrassa (39), Cornellà de Ll. (36)

R Vertical	R Horizontal	R complement
	448	273
	962	492
	0,48%	0,66%
	792	555
	0%	0%
	48,33%	42,27%
	1,51	2,46
	4	8
	46,37%	6,71%
Barcelona (46,7), Girona (9,6), Lleida (8,7), Granollers (8,0), Hospitalet de Ll. (7,6), Tarragona (6,2), Badalona (5,8), Manresa (4,9), Reus (4,9), Vilafranca del P. (4,6)	Martorell (7,3), Castellbisbal (5,8), Polinyà (5,5), Terrassa (4,7), Santa Perpètua de M. (4,7), Parets del Vallès (4,7), Sant Andreu de la B. (4,4), Palau de Pleg. (4,4), Sant Just Desvern (3,6), Lliçà de Vall (3,3)	Barcelona (21,1), Lleida (8,0), Martorell (6,4), Girona (6,1), Tarragona (4,5), Mataró (4,3), Reus (4,1), Manresa (3,8), Figueres (3,6), Vilafranca del P. (3,4), Vic (3,2)
	83,63%	43,65%
Barcelona (83,2), Hospitalet de Ll. (24,4), Granollers (21,5), Badalona (18,8), Mollet del Vallès (16,6), Sant Cugat del Vallès (15,5), Molins de Rei (15,2), Rubí (14,5), Sabadell (14,4), Cornellà de Ll. (14,2)	Santa Coloma de G. (44,1), Badalona (40,9), Hospitalet de Ll. (35,9), Terrassa (35,2), Cerdanyola del V. (33,9), Sabadell (33,6), Cornellà de Ll. (32,7), Martorell (31,5), Rubí (29,5), Sant Boi de Ll. (29,1)	Barcelona (85,7), Martorell (27,1), Mataró (22,1), Calella (19,4), Pineda de Mar (19,0), Sant Vicenç dels Horts (18,2), Palafròls (16,0), Canet de Mar (15,7), Olesa de Mont. (15,3), Tordera (14,5)
	87,11%	16,15%
Barcelona (87,3), Lleida (16,7), Girona (11,5), Figueres (7,1), Vilafranca del P. (6), Reus (5,1), Tarragona (4,6), Vic (4), Manresa (3,7), Olot (3,4)	Cardedeu (17,0), Hostalric (16,4), Sant Celoni (16,1), Blanes (15,4), Badalona (5,0), Mataró (13,9), Maçanet de la Selva (12,8), Santa Coloma de Farners (11,7), Vilobí d'Onyar (11,2), Riudellots de la Selva (10,9)	Barcelona (53,7), Martorell (5,0), Navàs (3,5), Mataró (3,2), Centelles (2,7), Manresa (2,7), Berga (2,5), Castellar del V. (2,3), Igualada (1,7), Masies de Voltregà (0,5), Abrera (0,4)
Barcelona (0,39), Hospitalet de Ll. (0,04), Granollers (0,04), Girona (0,03), Badalona (0,03), Tarragona (0,02), Rubí (0,02), Lleida (0,02), Sabadell (0,02), Cornellà de Ll. (0,02)	n.c.	n.c.
	4,29	3,6
Barcelona (209), Girona (44), Lleida (40), Granollers (37), Hospitalet de Ll. (35), Tarragona (29), Badalona (27), Manresa (23), Reus (23), Vic (22)	Santa Coloma de G. (32), Badalona (30), Hospitalet de Ll. (24), Martorell (23), Terrassa (22), Cornellà de Ll. (20), Sabadell (20), Cerdanyola del V. (19), Sant Boi de Ll. (17), Castellbisbal (16)	Barcelona (92), Lleida (36), Martorell (33), Girona (28), Mataró (24), Reus (22), Sant Vicenç dels Horts (21), Tarragona (20), Manresa (19), Figueres (18), Vic (15)

R sinergia	R CAIto	R CBajo
221	251	431
768	571	1.108
1,57%	0,91%	0,60%
2.201	778	1.954
0,02%	0%	0%
37,47%	35,5%	34,49%
3,96	3,39	4,17
11	8	11
51,83%	53,30%	35,29%
Barcelona (53,1), Granollers (15,9), Hospitalet de Ll. (13,1), Badalona (11,3), Terrassa (10,9), Sabadell (10), Rubí (8,6), Sant Boi de Llobregat (8,1), Girona (7,7), Cornellà de Ll. (7,2)	Barcelona (54), Hospitalet de Ll. (10), Martorell (9,6), Girona (9,6), Badalona (8), Granollers (7,6), Sabadell (6,8), Tarragona (5,6), Vic (5,6), Mataró (4,8)	Barcelona (35,8), Girona (7,6), Granollers (6,5), Lleida (6,2), Sabadell (5,3), Hospitalet de Ll. (5,1), Terrassa (4,8), Martorell (4,8), Badalona (4,6), Mataró (4,4)
41,95%	65,85%	53,97%
Barcelona (43,9), Hospitalet de Ll. (34,8), Badalona (34,4), Santa Coloma de G. (30,1), Sabadell (28,6), Cornellà de Ll. (27,0), Terrassa (26,9), Rubí (26,3), Sant Cugat del V. (25,0), Cerdanyola del V. (24,7)	Barcelona (66,4), Hospitalet de Ll. (35,9), Badalona (35,4), Santa Coloma de G. (27,4), Martorell (26,9), Sabadell (26,0), Sant Cugat del V. (23,7), Cornellà de Ll. (23,4), Terrassa (23,0), Rubí (20,5)	Barcelona (54,2), Hospitalet de Ll. (36,2), Badalona (34,6), Santa Coloma de G. (29,7), Terrassa (25,1), Sabadell (25,1), Cornellà de Ll. (24,2), Sant Boi de Ll. (22,2), Montcada i Reixac (21,4), Rubí (21,3)
32,79%	83,06%	74,88%
Barcelona (32,8), Girona (4,2), Figueres (2,3), Badalona (2,2), Hospitalet de Ll. (1,4), Vilafranca del P. (1,4), Salt (1,1), Manresa (0,9), Granollers (0,9), Vendrell (0,8), Terrassa (0,7)	Barcelona (83,4), Girona (17,6), Lleida (10,5), Manresa (8,3), Vic (8,3), Tarragona (5,4), Reus (4,8), Vilafranca del P. (3,8), Tortosa (3,8), Igualada (3,0)	Barcelona (75,19), Lleida (14,7), Girona (10,8), Vic (7,4), Figueres (6,8), Tortosa (6,0), Manresa (6,0), Vilafranca del P. (5,8), Reus (4,5), Tarragona (3,9), Igualada (3,9)
Barcelona (276), Santa Margarida i els M. (174), Vilafranca del P. (139), Castellet i la Gornal (89), Granollers (81), Badia del Vallès (80), Vilanova i la Geltrú (62), Tarragona (55), Ripollet (41), Martorelles (38)	n.c.	Barcelona (0,19), Granollers (0,11), Santa Margarida i els M. (0,09), Vilafranca del P. (0,05), Girona (0,05), Garriga (0,04), Tarragona (0,03), Maçanet de la Selva (0,03), Mollet del V. (0,03), Montmeló (0,03)
6,95	4,55	5,14
Barcelona (118), Badalona (51), Hospitalet de Ll. (50), Granollers (39), Santa Coloma de G. (37), Sabadell (34), Terrassa (32), Cornellà de Ll. (32), Mollet del V. (29), Rubí (28)	Barcelona (136), Badalona (37), Hospitalet de Ll. (34), Girona (27), Martorell (26), Sabadell (23), Santa Coloma de G. (21), Granollers (21), Terrassa (20), Cornellà de Ll. (18)	Barcelona (155), Badalona (49), Hospitalet de Ll. (49), Girona (39), Santa Coloma de G. (35), Lleida (31), Terrassa (31), Granollers (31), Sabadell (30), Cornellà de Ll. (26)

**Tabla 2. Estadísticos de correlación global. I de Moran y C de Geary. Síntesis de resultados***a) Matriz W1*

	<b>F.D. Brutos</b>	<b>F.Significativos</b>	<b>R Vertical</b>	<b>R Horizontal</b>	<b>R complement</b>	<b>R sinergia</b>	<b>R CAlto</b>	<b>R CBajo</b>
<b>Empleo Total 96</b>	-	-	-(g)		-	-	-	-
<b>CAL/CBA</b>	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	-	-
<b>VAbs 91-96</b>	-	-	-(g)		-	-	-	-
<b>VAbs 96-01</b>	-	-			-	-	-	-(g)
<b>TC 91-96</b>						+(m)	+	+
<b>TC 96-01</b>		+(m)/-(g)		+			+	+
<b>ESP 96</b>		+(m)/-(g)			-	-	+(m)	+
<b>DIV 96</b>		+(m)/-(g)		+(m)	+	+	+(m)	-(g)
<b>DIM 96</b>		-		+	+(m)/-(g)	+(m)/-(g)		+
<b>EMPR 96</b>	-	-			-	-	n.d.	n.d.

*b) Matriz W2*

	<b>F.D. Brutos</b>	<b>F.Significativos</b>	<b>R Vertical</b>	<b>R Horizontal</b>	<b>R complement</b>	<b>R sinergia</b>	<b>R CAlto</b>	<b>R CBajo</b>
<b>Empleo Total 96</b>	-	-	+(m)		-	-	-	-
<b>CAL/CBA</b>	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	-	-
<b>VAbs 91-96</b>	-	-	-(g)		-	-(g)	-	-
<b>VAbs 96-01</b>	-	-	-(g)		-(g)	-	-	-
<b>TC 91-96</b>		+		+(g)	+	-(g)	+(m)	+
<b>TC 96-01</b>		+		+(m)/-(g)	+	+		-(g)
<b>ESP 96</b>		+(m)/-(g)			-(g)	-	+	+
<b>DIV 96</b>	+(m)	-(g)		+	+	+(m)		-(g)
<b>DIM 96</b>	+(m)	+(m)/-(g)		-(g)	+(m)/-(g)	-(g)		+
<b>EMPR 96</b>	-	-(g)			-	-	n.d.	n.d.

“+” = Valor positivo y significativo ; “-” = Valor negativo y significativo

**Elaboración:** Estadísticos globales de Moran (m) y Geary (g). Cuando no se especifica (m) o (g) es que ambos estadísticos resultan significativos y del mismo signo. Solo se consideran los valores en los que al menos dos de los tres métodos de cálculo (normal, aleatorio y permutaciones) dan el estadístico como significativo y con el mismo signo. La significatividad es del 10%, aunque en todos los casos, se ha exigido que al menos uno de los tres métodos de cálculo de cada estadístico ofreciera significatividad del 5%.

**Matrices de contactos W:** W1 = matriz de primer orden; W2 = matriz de segundo orden; W3 = matriz de tercer orden.

**Variables:** Empleo Total 96 = Empleo total en el año 1996; CAL/CBA = Conocimiento Alto o Bajo en el municipio (solo disponible para redes de conocimiento); VAbs 91-96 = Variación Absoluta de la ocupación entre 1991 y 1996; VAbs 96-01 = Variación Absoluta de la ocupación entre 1996 y 2001; TC 91-96 = Ratio de crecimiento de la ocupación entre 1991 y 1996; TC 96-01 = Ratio de crecimiento de la ocupación entre 1991 y 1996; ESP = Número de sectores especializados en el municipio; DIV = Indicador de no diversidad; DIM = Dimensión media de empresa; EMPR96 = Número de empresas en el año 1996; n.d. = no disponible.

**Redes:** Flujos Directores Brutos; Flujos Significativos; Red Vertical; Red horizontal; Red de Complementariedad; Red de Sinergia; Red de Conocimiento Alto; Red de conocimiento Bajo.



**Tabla 3. Estadístico Local I de Moran. Mayores valores positivos. Municipios con mínimo 20.000 ocupados. Año 1996.**

W1	F.D.Brutos	F.Significativos	R Vertical	R Horizontal	R Complement	R Sinergia	RCMo	RCBo
EN	Baldora	LL, Meari					Hospital LL, Sobadell, Terrasa, Baldora, Par de LL, Hospital LL, Sobadell, Girona, Baldora, Par de LL, Par de LL	
CAUUSA	n.d.	n.d.	Baldora	n.d.	n.d.	n.d.		
V4916	Baldora	Baldora, Hospital LL, Meari	Baldora				Hospital LL, Sobadell, Terrasa	Hospital LL, Sobadell, Baldora, Par de LL, Par de LL
V4901	Baldora	Baldora, Sobadell, Terrasa, Meari					Terrasa	
TC916	Pesc		Terrasa				Leite	
TC901	Hospital LL, Terrasa		Terrasa, Meari, Hospital LL, Tarroque, Terrasa, Leite, Baldora				Baldora, Hospital LL, Tarroque, Leite	
ESP96	Tarroque, Pesc		Sobadell, Baldora, Par de LL				Hospital LL, Sobadell, Terrasa, Par de LL	
DIV96	Tarroque, Pesc		Pesc				Tarroque, Girona	
DIV96	Tarroque, Girona		Tarroque, Leite, Baldora, Pesc				Tarroque, Leite, Girona, Pesc	
EMPR96	Hospital LL, Sobadell, Terrasa, Baldora, Meari		Baldora				Hospital LL, Sobadell, Terrasa, Baldora	Hospital LL, Sobadell, Par de LL, Meari

W2	F.D.Brutos	F.Significativos	R Vertical	R Horizontal	R Complement	R Sinergia	RCMo	RCBo
EN								
CAUUSA	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
V4916	Leite, Girona, Par de LL							
V4901								
TC916								
TC901	Leite		Terrasa, Meari, Hospital LL, Sobadell, Terrasa, Par de LL, Meari				Tarroque, Leite, Girona	
ESP96			Terrasa, Girona				Hospital LL	
DIV96								
DIV96								
EMPR96							Leite, Girona	

W3	F.D.Brutos	F.Significativos	R Vertical	R Horizontal	R Complement	R Sinergia	RCMo	RCBo
EN								
CAUUSA	n.d.	n.d.		n.d.	n.d.	n.d.		
V4916				Baldora				
V4901								
TC916	Tarroque							
TC901			Pesc				Tarroque, Leite, Girona	
ESP96	Hospital LL, Sobadell							
DIV96								
DIV96	Girona							
EMPR96								

con al menos 20.000 ocupados en el año 1996.  
**Matrices de contactos W:** W1 = matriz de primer orden; W2 = matriz de segundo orden; W3 = matriz de tercer orden.  
**Variabiles:** VA9196 = Variación Absoluta de la ocupación entre 1991 y 1996; VA9601 = Variación Absoluta de la ocupación entre 1991 y 1996; EMPR96 = Número de sectores especializados en el municipio; DIV = Indicador de no diversidad; DIM = Dimensión media de empresa; EMPR96 = Número de empresas en el año 1996.  
**Redes:** FDB = Flujos Directores Brutos; FS = Flujos Significativos; RV = Red Vertical; RH = Red Horizontal; RC = Red de Complementariedad; RS = Red de Sinergia; CA = Red de Conocimiento Alto; CB = Red de Conocimiento Bajo

**Tabla 4. Estadístico Local I de Moran. Mayores valores negativos. Municipios con mínimo 20.000 ocupados. Año 1996.**

W1	F.D.Brutos	F.Significativos	R Vertical	R Horizontal	R complement	R sinergia	RCAlto	RCBajo
ES6	Barcelona						Barcelona;	
CAUCSA	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		Hospitalet LL;
VAB96	Barcelona					Barcelona, Tarragona, Lleida, Prat de LL, Reus;	Barcelona;	Hospitalet LL;
VAB91	Barcelona							
TC9196				Hospitalet LL, Sabadell;				
TC901				Barcelona;		Girona;		
ESP96			Terrassa;					
DIV96				Hospitalet LL, Sabadell, Terrassa, Badalona;				
DIM96				Hospitalet LL, Sabadell, Terrassa;				
EMPR96	Barcelona							Hospitalet LL;
W2	F.D.Brutos	F.Significativos	R Vertical	R Horizontal	R complement	R sinergia	RCAlto	RCBajo
ES6	Barcelona					Barcelona;	Barcelona;	
CAUCSA	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
VAB96	Barcelona		Barcelona;		Prat de LL;	Barcelona;	Barcelona, Hospitalet LL, Sabadell, Prat de LL;	Badalona;
VAB91	Barcelona		Barcelona;			Barcelona;	Barcelona, Terrassa;	
TC9196								
TC901						Reus;		
ESP96					Prat de LL;	Barcelona, Hospitalet LL, Sabadell, Terrassa, Prat de LL;		
DIV96						Tarragona, Lleida, Girona;		
DIM96						Tarragona, Lleida;		
EMPR96	Barcelona					Barcelona;	Barcelona;	
W3	F.D.Brutos	F.Significativos	R Vertical	R Horizontal	R complement	R sinergia	RCAlto	RCBajo
ES6						Barcelona;	Barcelona, Girona;	
CAUCSA	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
VAB96			Barcelona;	Reus;		Barcelona;	Barcelona, Hospitalet LL, Sabadell, Prat de LL;	
VAB91						Barcelona;	Barcelona, Terrassa;	
TC9196	Tarragona;							
TC901			Terrassa, Molani;	Prat de LL, Molani;		Reus;		
ESP96	Hospitalet LL, Sabadell;	Terrassa;	Terrassa;			Barcelona, Hospitalet LL, Sabadell, Terrassa, Prat de LL;		
DIV96						Tarragona, Lleida;		
DIM96	Girona;			Lleida, Girona, Reus;		Tarragona;		
EMPR96						Barcelona;	Barcelona;	

con al menos 20.000 ocupados en el año 1996.  
**Matrices de contactos W:** W1 = matriz de primer orden; W2 = matriz de segundo orden; W3 = matriz de tercer orden.  
**Variabiles:** VA9196 = Variación Absoluta de la ocupación entre 1991 y 1996; VA9601 = Variación Absoluta de la ocupación entre 1996 y 2001; TC9196 = Ratio de crecimiento de la ocupación entre 1991 y 1996; TC9601 = Ratio de crecimiento de la ocupación entre 1996 y 2001; DIM = Indicador de no diversidad; DIM = Dimensión media de empresa; EMPR96 = Número de empresas en el año 1996.  
**Redes:** FDB = Flujos Directores Brutos; FS = Flujos Significativos; RV = Red Vertical; RH = Red horizontal; RC = Red de Complementariedad; RS = Red de Sinergia; CA = Red de Conocimiento Alto; CB = Red de

**Tabla 5. Estadístico New-Gi\*. Valores más elevados. Municipios con mínimo 20.000 ocupados. Año 1996.**

W1	FD.Brutos	F.Significativos	R.Vertical	R.Horizontal	R.complement	R sinergia	RCAlo	RCBajo
VAB96								
VAB91	Barcelona;							Hospitalet LL;
TC9196	Hospitalet LL;		Barcelona;				Lleida	
TC901	Barcelona; Hospitalet LL; Sabadell; Terrassa; Badalona;		Barcelona;					
ESP96	Terrassa; Tarragona; Reus;			Tarragona; Terrassa; Badalona;		Barcelona; Hospitalet LL; Tarragona; Badalona;		
DIV96	Terrassa;			Barcelona; Sabadell;		Sabadell; Lleida;		
DIM96				Prat de LL; Reus;				
EMPR96				Tarragona; Lleida; Badalona; Reus;		Tarragona; Lleida; Girona;		Hospitalet LL;
W2	FD.Brutos	F.Significativos	R.Vertical	R.Horizontal	R.complement	R sinergia	RCAlo	RCBajo
VAB96								
VAB91								
TC9196				Barcelona;				
TC901			Terrassa;		Prat de Llobregat			
ESP96				Hospitalet LL; Sabadell; Terrassa; Prat de LL; Masari;				
DIV96	Lleida;			Barcelona; Girona;				
DIM96					Girona;			
EMPR96				Girona;				
W3	FD.Brutos	F.Significativos	R.Vertical	R.Horizontal	R.complement	R sinergia	RCAlo	RCBajo
VAB96	Barcelona;						Barcelona;	
VAB91	Barcelona;				Tarragona	Hospitalet LL;	Barcelona;	
TC9196	Tarragona; Reus;		Badalona;	Barcelona; Reus;				
TC901						Sabadell;	Terrassa; Girona;	
ESP96	Girona;		Badalona; Masari;			Barcelona;		
DIV96				Barcelona;			Girona;	
DIM96					Reus			
EMPR96	Barcelona;					Badalona;	Barcelona;	

con al menos 20.000 ocupados en el año 1996.  
**Matrices de contactos W:** W1 = matriz de primer orden; W2 = matriz de segundo orden; W3 = matriz de tercer orden.  
**Variables:** VAB9196 = Variación Absoluta de la ocupación entre 1991 y 1996; VAB9601 = Variación Absoluta de la ocupación entre 1991 y 1996; TC9196 = Ratio de crecimiento de la ocupación entre 1996 y 2001; TC9196 = Ratio de crecimiento de la ocupación entre 1996 y 2001; TC9601 = Ratio de crecimiento de la ocupación entre 1991 y 1996; ESP = Número de sectores especializados en el municipio; DIV = Indicador de no diversidad; DIM = Dimensión media de empresa; EMPR96 = Número de empresas en el año 1996.  
**Redes:** FDB = Flujos Directores Brutos; FS = Flujos Significativos; RV = Red Vertical; RH = Red Horizontal; RC = Red Complementaria; RS = Red de Sinergia; CA = Red de Complementariedad; CB = Red de Conocimiento; BA = Red de Actividad.

**Tabla 6. Estadístico New-Gi\*: Valores más bajos. Municipios con mínimo 20.000 ocupados. Año 1996.**

W1	F.D.Brutos	F.Significativos	R Vertical	R Horizontal	R complement	R sinergia	RCAlo	RCBajo
VA9196				Barcelona;			Hospitalet de Llobregat	
VA9601								
TC9196	Tarragona;	Reus;						
TC9601	Leida;	Girona;	Reus;	Hospitalet LL;	Sabadell;	Terrassa;	Matarió;	Barcelona;
ESP96	Barcelona;					Girona;		
DIV96	Girona;							
DIM96	Girona;	Hospitalet LL;	Sabadell;	Terrassa;	Matarió;		Barcelona;	Hospitalet LL;
EMPR96				Hospitalet LL;	Sabadell;	Terrassa;	Hospitalet LL;	Sabadell;
W2	F.D.Brutos	F.Significativos	R Vertical	R Horizontal	R complement	R sinergia	RCAlo	RCBajo
VA9196			Sabadell;	Terrassa;				
VA9601	Barcelona;			Barcelona;		Hospitalet LL;		
TC9196								
TC9601					Prat de Llobregat			
ESP96								
DIV96	Barcelona;	Barcelona;						
DIM96	Barcelona;	Girona;						
EMPR96						Barcelona;		
W3	F.D.Brutos	F.Significativos	R Vertical	R Horizontal	R complement	R sinergia	RCAlo	RCBajo
VA9196	Barcelona;	Barcelona;					Barcelona;	
VA9601				Barcelona;	Reus;	Tarragona		
TC9196	Girona;		Matarió;			Tarragona	Reus;	
TC9601	Sabadell;	Terrassa;		Matarió;				
ESP96	Tarragona;							
DIV96								
DIM96	Tarragona;					Reus		
EMPR96								

con al menos 20.000 ocupados en el año 1996.  
**Matrices de contactos W:** W1 = matriz de primer orden; W2 = matriz de segundo orden; W3 = matriz de tercer orden.  
**Variabes:** VA9196 = Variación Absoluta de la ocupación entre 1991 y 1996; VA9601 = Variación Absoluta de la ocupación entre 1996 y 2001; TC9196 = Ratio de crecimiento de la ocupación entre 1991 y 1996; ESP = Número de sectores especializados en el municipio; DIV = Indicador de no diversidad; DIM = Dimensión media de empresa; EMPR96 = Número de empresas en el año 1996.  
**Redes:** FDB = Flujos Directores Brutos; FS = Flujos Significativos; RV = Red Vertical; RH = Red Horizontal; RC = Red de Complementariedad; RS = Red de Sinergia; CA = Red de Conocimiento Alto; CB = Red de Conocimiento Bajo



**S6: Comercio, restaurantes y hotelería. Restauraciones**

	$\text{Log}(E_{1996}/E_{1986})$	$\text{Log } E_{1996}$	$\text{Log } E_{1986}$	$\text{Log DIM}_{1986}$	$\text{Log ESP}_{1986}$	$\text{Log DIV}_{1986}$	$\text{Log POB}_{1986}$	$\text{Log EDU}_{1986}$
Media	0,4388	5,3208	4,8820	1,2584	-0,3118	-0,3073	8,1138	1,8304
Desviación estándar	0,4822	1,6135	1,6897	0,5961	0,6798	0,5894	1,4038	0,1169
Curtosis	5,5122	0,6150	0,3848	1,7169	8,8846	8,1413	1,1915	2,5177
Coefficiente de asimetría	1,2265	0,2051	0,2002	0,3556	-2,0280	-1,6440	0,6422	0,4248
Mínimo	-1,0986	0,0000	0,0000	-0,2231	-4,6052	-4,4529	3,6376	1,3002
Máximo	3,4340	11,7525	11,5326	3,8054	1,2791	1,3496	14,3472	2,3504
Observaciones	389	389	389	389	389	389	389	389

**S7: Transportes y comunicaciones**

	$\text{Log}(E_{1996}/E_{1986})$	$\text{Log } E_{1996}$	$\text{Log } E_{1986}$	$\text{Log DIM}_{1986}$	$\text{Log ESP}_{1986}$	$\text{Log DIV}_{1986}$	$\text{Log POB}_{1986}$	$\text{Log EDU}_{1986}$
Media	0,5965	3,9873	3,3908	1,1504	-0,8369	-0,4880	8,1138	1,8304
Desviación estándar	0,6210	1,6531	1,6303	0,8497	0,7685	0,4786	1,4038	0,1169
Curtosis	0,2897	0,5270	0,9116	-0,4932	6,8370	16,4310	1,1915	2,5177
Coefficiente de asimetría	0,1434	0,3794	0,6103	0,1829	-1,3923	-2,8040	0,6422	0,4248
Mínimo	-1,2528	0,0000	0,0000	0,0000	-4,6052	-4,4551	3,6376	1,3002
Máximo	2,5649	10,9018	10,9667	4,0943	1,8970	0,4656	14,3472	2,3504
Observaciones	389	389	389	389	389	389	389	389

**S8: Finanzas, seguros, servicia las empresas y alquileres**

	$\text{Log}(E_{1996}/E_{1986})$	$\text{Log } E_{1996}$	$\text{Log } E_{1986}$	$\text{Log DIM}_{1986}$	$\text{Log ESP}_{1986}$	$\text{Log DIV}_{1986}$	$\text{Log POB}_{1986}$	$\text{Log EDU}_{1986}$
Media	1,1687	4,1539	2,9852	0,8071	-1,4263	-0,4949	8,1138	1,8304
Desviación estándar	0,6991	1,8492	1,8855	0,7972	1,2203	0,4720	1,4038	0,1169
Curtosis	0,9830	0,3718	0,2747	-0,1754	1,3403	17,2666	1,1915	2,5177
Coefficiente de asimetría	0,5185	0,3496	0,4830	0,7314	-1,3111	-2,9344	0,6422	0,4248
Mínimo	-1,1350	0,0000	0,0000	-0,6931	-4,6052	-4,4550	3,6376	1,3002
Máximo	3,7054	11,7329	11,0390	3,8147	0,8820	0,1277	14,3472	2,3504
Observaciones	389	389	389	389	389	389	389	389

**S9: Otros servicios**

	$\text{Log}(E_{1996}/E_{1986})$	$\text{Log } E_{1996}$	$\text{Log } E_{1986}$	$\text{Log DIM}_{1986}$	$\text{Log ESP}_{1986}$	$\text{Log DIV}_{1986}$	$\text{Log POB}_{1986}$	$\text{Log EDU}_{1986}$
Media	0,6128	5,1097	4,4969	1,3413	-0,6902	-0,3917	8,1138	1,8304
Desviación estándar	0,4323	1,6818	1,7578	0,9223	0,7329	0,5324	1,4038	0,1169
Curtosis	3,1855	0,4907	0,5364	-0,0165	5,6164	11,5034	1,1915	2,5177
Coefficiente de asimetría	1,1377	0,3977	0,4303	0,0121	-1,4840	-2,1382	0,6422	0,4248
Mínimo	-0,5892	0,6931	0,0000	-1,0986	-4,6052	-4,4526	3,6376	1,3002
Máximo	2,5802	12,0209	11,7571	4,8520	1,0022	0,7513	14,3472	2,3504
Observaciones	389	389	389	389	389	389	389	389

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

## 2. Estadísticos descriptivos de la agregación por economía del conocimiento

### C1: Conocimiento bajo

	$\text{Log}(E_{2001}/E_{1991})$	$\text{Log } E_{2001}$	$\text{Log } E_{1991}$	$\text{Log } DIM_{1991}$	$\text{Log } ESP_{1991}$	$\text{Log } DIV_{1991}$	$\text{Log } POB_{1991}$	$\text{Log } EDU_{1991}$
Media	0,3636	6,8134	6,4497	1,9463	-0,7798	2,5129	8,7483	1,8600
Desviación estándar	0,6851	1,6501	1,7186	0,5344	0,5462	0,4166	1,2985	0,1197
Curtosis	3,6062	0,5509	0,8006	1,5788	3,3218	0,1558	1,1060	1,3060
Coefficiente de asimetría	0,4240	0,0715	0,0843	-0,0057	-1,6680	-0,8558	0,7354	0,7575
Mínimo	-2,6541	1,9459	1,7918	0,0000	-3,1490	1,2183	5,8693	1,5606
Máximo	2,9263	12,9201	13,0236	4,1941	0,0100	3,1468	14,3124	2,3508
Observaciones	250	250	250	250	250	250	250	250

### C2: Conocimiento alto

	$\text{Log}(E_{2001}/E_{1991})$	$\text{Log } E_{2001}$	$\text{Log } E_{1991}$	$\text{Log } DIM_{1991}$	$\text{Log } ESP_{1991}$	$\text{Log } DIV_{1991}$	$\text{Log } POB_{1991}$	$\text{Log } EDU_{1991}$
Media	0,4735	6,4731	5,9996	2,0689	-1,2169	2,5129	8,7483	1,8600
Desviación estándar	0,8598	1,5737	1,6852	0,8999	0,7128	0,4166	1,2985	0,1197
Curtosis	8,4382	3,1100	2,4793	0,1940	7,1091	0,1558	1,1060	1,3060
Coefficiente de asimetría	1,4106	-0,3488	-0,6137	-0,2809	-2,1451	-0,8558	0,7354	0,7575
Mínimo	-2,3979	0,0000	0,0000	0,0000	-4,6052	1,2183	5,8693	1,5606
Máximo	5,4659	12,8247	12,4169	4,7167	-0,1765	3,1468	14,3124	2,3508
Observaciones	250	250	250	250	250	250	250	250

Fuente: Elaboración a partir de Departament de Treball (<http://www.gencat.es/treball/>), y Censos y Padrones (<http://www.idescat.es/>).





## Anexo 6. Detalles del método bayesiano de estimación

La inclusión de interdependencias entre los individuos de la estimación (municipios), y la posibilidad de que existan errores de medida espacialmente correlacionados, viola uno de los supuestos de Gauss-Markov en los que se basan las estimaciones OLS convencionales:

$$E[y_i y_j] \neq 0, i \neq j \quad \text{ó} \quad [1]$$

$$E[\varepsilon_i \varepsilon_j] \neq 0, i \neq j \quad [2]$$

En el caso de que no se incluyan los efectos espaciales de interdependencia de un municipio sobre otro, el modelo puede resultar sesgado, debido a que se han omitido variables explicativas relevantes (en el caso de que la interdependencia sea significativa).

En el caso de que el error sea causado por la correlación individual en los términos de la perturbación aleatoria, el problema se traduce en la ineficiencia de los estimadores.

En nuestro caso, la elección de una forma funcional general con *lags* (retardos) espaciales y perturbaciones espacialmente correlacionadas corrige ambos problemas, siempre que se apliquen las técnicas de estimación adecuadas (Anselin 1988 y 1992; Le Sage 1999)<sup>1</sup>.

Las pruebas previas con los datos indicaban la existencia de otros dos problemas derivados de la naturaleza territorial de los datos:

- En primer lugar, la **falta de normalidad de las perturbaciones**. Este problema, al igual que el de la heterocedasticidad, se relaciona directamente con la existencia de fuertes diferencias de tamaño entre los municipios:

$$u \neq N(\mu, \sigma^2 \Omega) \quad [3]$$

- En segundo lugar, las estimaciones previas demostraron ser fuertemente **heterocedásticas**<sup>2</sup>, aun mostrando ajustes elevados y buen comportamiento de las variables explicativas. Además, la heterocedasticidad se relacionaba con la mayoría de las variables explicativas:

<sup>1</sup> Ops.cit.

<sup>2</sup> La heterocedasticidad se ha contrastado con el test de White (contrasta la hipótesis nula de homocedasticidad global contra la de no homocedasticidad) y el de Koenker-Basset (hipótesis nula de homocedasticidad contra la alternativa de heterocedasticidad aditiva basada en variación aleatoria de los coeficientes). Este último es una versión del test de Breusch and Pagan robusto ante no normalidad en los términos de error (Anselin 1992, Op.cit. p.175-177; Greene 1999, p.479-480). GREENE, W.H. (1999): Análisis Econométrico. McGraw Hill, Madrid.

$$E[uu'] \neq \sigma^2 \quad [4]$$

En presencia de no normalidad y heterocedasticidad, los métodos de estimación por OLS y Máxima Verosimilitud tienden a producir resultados incorrectos. Si bien el problema de la normalidad no era tan importante al trabajar con muestras relativamente grandes, el problema de heterocedasticidad no puede corregirse por los métodos tradicionales si las perturbaciones están espacialmente correlacionadas, como es el caso del modelo Durbin-Le Sage.

En este caso, la literatura muestra tres caminos para solventar la heterocedasticidad: el uso de métodos como la expansión de parámetros y regímenes espaciales, la incorporación de la heterocedasticidad en los modelos espaciales estándar, y el uso de técnicas de estimación robustas. El primer camino solo tiene realmente sentido cuando existe un modelo teórico que lo justifique, y significa estimar modelos diferentes. Las pruebas con la incorporación de la heterocedasticidad en los modelos espaciales no suponía una mejora sustantiva, debido a que no se conocía de forma clara su especificación. De esta manera, el camino lógico nos lleva a la implantación de técnicas de estimación robustas.

En el caso de presencia simultánea de dependencia espacial y heterocedasticidad, la econometría espacial refiere usualmente a tres tipos de métodos (Anselin 1988 y 1992; Le Sage 1999)<sup>3</sup>: los dos primeros son “Variables Instrumentales (IV)” y “Bootstrap”<sup>4</sup>. Entre estos dos, Anselin (1992, p.201) sugiere que las estimaciones IV son consistentes pero no necesariamente muy eficientes, y que deberían ser usadas como base para un procedimiento por “bootstrap”<sup>5</sup>. Sin embargo, el uso de técnicas de *bootstrapping* solo está tratado e implementado para modelos de *lag* (Anselin 1992).

La tercera opción, que es la que finalmente se utiliza, es implementar un modelo “bayesiano heterocedástico” como los propuestos por Le Sage (1999), puesto que en su propia especificación se contempla la heterocedasticidad y falta de normalidad en las perturbaciones (tabla 2). Este método puede aplicarse a la estimación de modelos de *lag*, modelos de error y modelos Durbin sobreparametrizados.

---

<sup>3</sup> Ops.cits.

<sup>4</sup> El “bootstrap” es un estimador robusto que basa la inferencia en técnicas de remuestreo aleatorio. Pueden encontrarse detalles de su implementación en Anselin (1988 y 1992).

<sup>5</sup> Recientemente, dos artículos de Kelejian y Prucha (1997, 2002) demuestran que los métodos del tipo 2SLS son inconsistentes en modelos *cross-section* cuando la matriz de contactos está estandarizada por fila y presenta ponderaciones iguales, como es nuestro caso. En el artículo de 1997 (p.106) se demuestra además que la estimación del modelo de Durbin sobreparametrizado por OLS es inconsistente. Lo mismo sucede con la estimación del modelo de Durbin estándar cuando se estima por OLS lineales.

**Tabla 1.** Funcionamiento básico del modelo bayesiano heterocedástico

Siguiendo a Geweke (1993)<sup>6</sup>, Le Sage (1999, p.98-107)<sup>7</sup> implementa un modelo caracterizado porque la perturbación sigue una distribución donde la varianza no es constante, y varía para cada observación:

$$\begin{aligned} \varepsilon &\sim N(0, \sigma^2 V) \\ V &= \text{diag}(v_1, v_2, \dots, v_n) \end{aligned} \quad [5]$$

, donde  $v_i, i=1, \dots, n$  representan los parámetros que deben estimarse.

Incorporando la especificación de varianza heterocedástica a un modelo bayesiano, obtenemos (Le Sage 1999, p.99):

$$\begin{aligned} y &= X\beta + \varepsilon \quad (4.2) \\ \varepsilon &\sim N(0, \sigma^2 V) \\ V &= \text{diag}(v_1, v_2, \dots, v_n) \\ \beta &\sim N(c, T) \\ \sigma &\sim (1/\sigma) \\ r/v_i &\sim \text{ID } \chi^2(r)/r \\ r &\sim \tilde{A}(m, k) \end{aligned} \quad [6]$$

, donde  $y$  es un vector de  $nx1$  variables dependientes;  $X$  es una matriz  $nxk$  de variables explicativas;  $\varepsilon$  es la perturbación aleatoria, formada por un vector  $nx1$  siguen una distribución normal con varianza no constante. Los términos de la varianza se suponen fijos pero desconocidos, por lo que también deberán ser estimados. Los modelos bayesianos utilizan un procedimiento que les permite estimar toda esta gran cantidad de parámetros sin que existan problemas en relación a los grados de libertad, introduciendo información a priori sobre los mismos, como puede verse en las cuatro últimas filas de la ecuación 4.1.

Esta información a priori nos indica que el vector de parámetros  $\beta$  sigue una distribución normal  $(c, T)$ . Los parámetros  $v_i$  de la matriz de varianzas siguen una distribución independiente  $\chi^2(r)/r$ , donde  $r$  es un parámetro independiente fijado a priori. Cuando la muestra es heterocedástica, este parámetro se fija en valores cercanos a cero (Le Sage sugiere un valor de  $r=4$ ), y la estimación es robusta frente a *outliers* y otras observaciones con varianza muy elevada, debido a la ponderación a la baja que les impone  $V$ . En cambio, valores elevados de  $r$  llevan a que  $V=I_n$ , con lo que la varianza sería homocedástica.

Para obtener la distribución de los parámetros se utiliza la técnica de muestreo de Gibbs, basada en la generación de cadenas de Markov mediante el método de Monte Carlo (*Markov Chain Monte Carlo* o MCMC). El detalle exacto del método puede consultarse en Le Sage (1999, Op.cit.).

La interpretación de los resultados es similar a la del modelo lineal, puesto que puede contrastarse la significatividad individual de los parámetros a partir de estadísticos  $t$ , y la global del modelo a partir de un  $R^2$ .

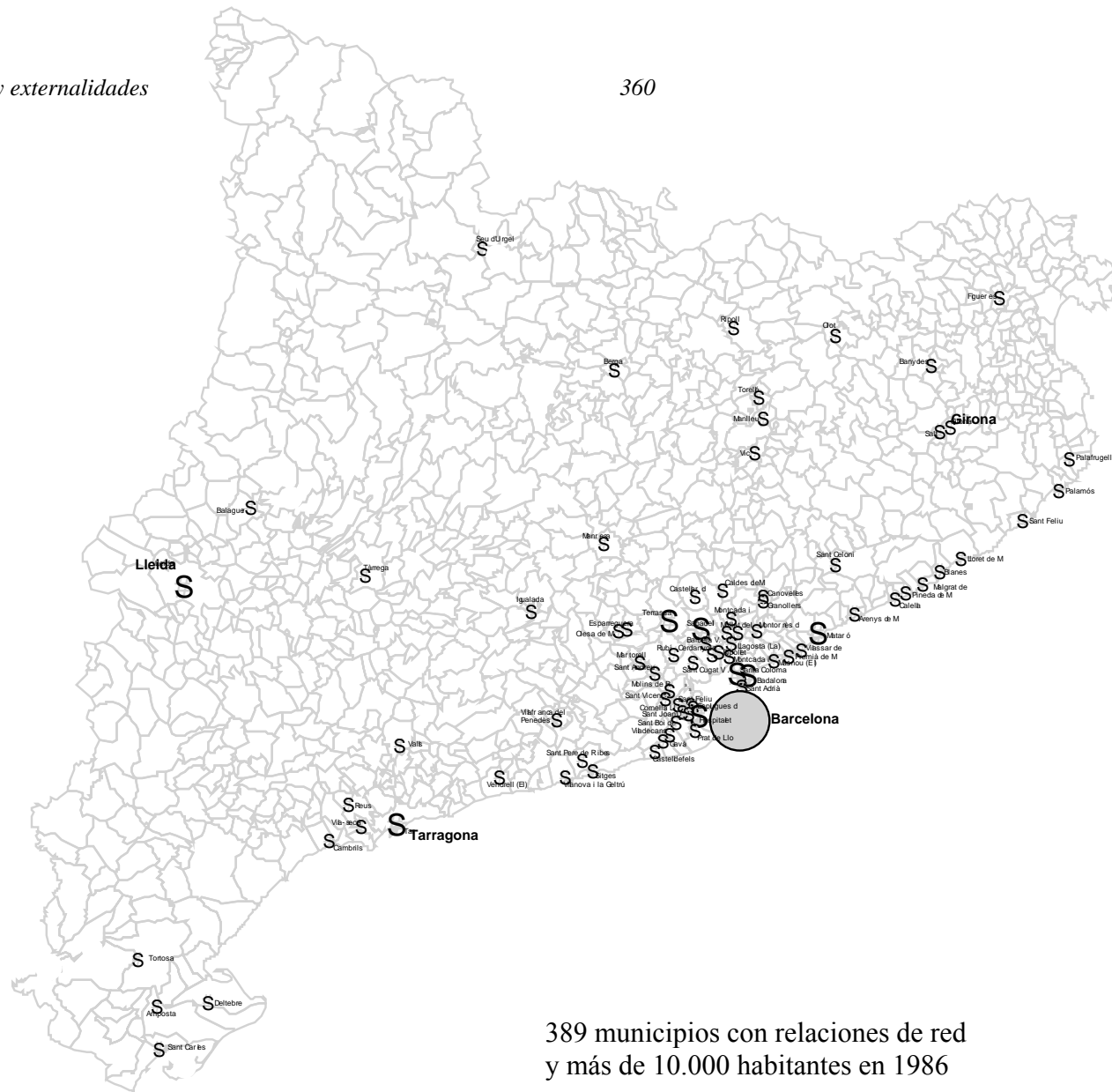
<sup>6</sup> GEWEKE, JOHN (1993): "Bayesian Treatment of the Independent Student t Linear Model", *Journal of Applied Econometrics*, vol. 8, pp.19-40.

<sup>7</sup> Op.cit.



### Anexo 7. Mapas de localización de los principales municipios





389 municipios con relaciones de red y más de 10.000 habitantes en 1986