

4. REDES VERTICALES Y HORIZONTALES

4.1. Identificación de la red

Las *redes verticales* o jerárquicas son aquellas que se establecen entre nodos de diferente rango, cuando algunos los nodos dominan a los otros en el intercambio. Las *redes horizontales* o heterárquicas se establecen normalmente entre nodos del mismo rango, donde no existe dominancia. Adicionalmente, las redes horizontales también pueden establecerse entre ciudades de diferente rango, siempre que no exista una relación de dominación³⁰.

La identificación de redes de ciudades verticales y horizontales se ha hecho a partir de *datos* de los censos y padrones de 1986, 1991 y 1996: población, actividad y movilidad laboral. Los *rangos* se han establecido en base a la población del municipio. Se establecen siete rangos, donde el nivel superior es ocupado en solitario por la ciudad de Barcelona.

La identificación de las jerarquías se realiza sobre flujos directores, sobre flujos directores filtrados por significatividad (100 y 50 *commuters*), y sobre flujos totales filtrados por significatividad (100 y 50 *commuters*). El procedimiento nos permite matizar las características de la relación entre pares de municipios de la red de ciudades de Cataluña.

Los resultados con los cuatro primeros flujos directores³¹ muestran que la parte principal de la red se basa en relaciones jerárquicas, donde Barcelona es la mayor polaridad del sistema. Al eliminar Barcelona del mapa, identificamos la mayoría de polaridades de la red. Las polaridades con mayor atracción de flujos verticales son Girona, Figueres, Igualada, Manresa, Vic, Berga, Lleida y las subredes de la región metropolitana de Barcelona y Tarragona. Las redes horizontales no muestran un patrón definido, y en general completan la red de ciudades.

Al añadir un filtro de significatividad a los flujos directores (tabla 7) se elimina una gran parte de las relaciones para centrarse en la estructura principal de la red. El mapa de las relaciones verticales (figura 12a) muestra la figura en forma de árbol o *lattice* que se derivaría de un patrón de lugar central, y eliminando Barcelona observamos la localización de los principales subcentros del sistema. Una parte de estos subcentros se encuentra en la región metropolitana de Barcelona: Vilafranca del Penedès, Vilanova i la Geltrú, Martorell, Sabadell-Terrassa, Granollers, el corredor del Llobregat y el corredor de la costa, incluyendo el subcentro de Mataró. Externos a la región metropolitana se observan polaridades alrededor de Lleida,

³⁰ La existencia de redes horizontales supone uno de los puntos principales del paradigma de las redes de ciudades, y se aleja de los modelos de tipo Christalleriano, donde las relaciones eran fundamentalmente verticales.

³¹ Con el fin de no entorpecer la lectura con la inclusión de un excesivo número de mapas, los resultados con un filtro de significatividad mayor o igual a 100 *commuters* se muestran en el anexo 3.

Tortosa, Igualada, Manresa, Vic y Girona. En Tarragona se observa una estructura de forma menos polar alrededor de Tarragona, Reus y Valls.

La mayor parte de redes horizontales se localiza en la región metropolitana de Barcelona, y en muchos casos conectan los radios de las figuras en forma de estrella o completan las subredes locales (figura 12c y 12d).

El uso de flujos totales filtrados por significatividad ofrece matices diferenciados de los flujos directores. Utilizando un filtro mínimo de 50 *commuters* (figura 12), observamos que la estructura jerárquica no es muy diferente de las anteriores, con la salvedad de que la trama es significativamente más densa en la región metropolitana de Barcelona. Sin embargo, ahora podemos apreciar una tupida red de relaciones no jerárquicas en el núcleo central de la región metropolitana de Barcelona, que superpuesta a las redes verticales conforma una red densa de interrelaciones. Se observa otro hecho importante, y es la presencia de flujos horizontales uniendo directamente nodos de subredes distintas.

En la tabla 7 se resumen los resultados numéricos de contrastar los flujos verticales (jerárquicos) con los horizontales (heterárquicos). La tabla recoge si la interacción entre un par de municipios es vertical u horizontal, aunque no diferencia si es simple o doble³². En general, el porcentaje de relaciones jerárquicas del sistema se sitúa entre el 66% y el 89%, en función del procedimiento utilizado. Como los primeros flujos directores se relacionan en mayor medida con las relaciones jerárquicas, los procedimientos basados en flujos directores tienden a sesgar hacia un mayor número de redes horizontales. En cambio, el procedimiento con solo flujos significativos permite una mayor multilateralidad, y por este motivo resulta en un mayor porcentaje de relaciones horizontales. En general, se observa que la parte principal de relaciones de la red son de carácter jerárquico, pero que las relaciones no jerárquicas explican entre el 11 y el 34% de la red urbana.

4.2. Evolución temporal

El número total de relaciones de red incrementa entre 1986 y 1996. En términos absolutos incrementan tanto las relaciones verticales como las horizontales (excepto en el caso de los flujos directores brutos). En términos relativos, el incremento de los flujos verticales parece ser mayor que el de los flujos horizontales, de manera que podemos decir que, aunque incrementa la reticularidad, el sistema tiende a ser relativamente más jerárquico. Una parte importante del incremento de la verticalidad del sistema se debe a la expansión de la interacción con Barcelona, lo que se observa muy bien en los mapas. Ahora bien, si exceptuamos los vínculos con Barcelona, las relaciones horizontales tienden a crecer ligeramente por encima de las verticales.

³² Es decir, se trata de flujos no dirigidos.

Tabla 7. Paths verticales y horizontales. Cataluña 1986, 1991 y 1996

	Totales			Porcentajes		
	1986	1991	1996	1986	1991	1996
<i>1. Flujos directores (cuatro primeros destinos)</i>						
Verticales	2.568	2.688	2.811	77%	79%	81%
Horizontales	762	718	655	23%	21%	19%
Totales	3.330	3.406	3.466	100%	100%	100%
<i>2. Flujos directores (cuatro primeros destinos) y filtro >100</i>						
Verticales	263	397	469	84%	85%	87%
Horizontales	50	68	70	16%	15%	13%
Totales	313	465	539	100%	100%	100%
<i>3. Flujos directores (cuatro primeros destinos) y filtro >50</i>						
Verticales	457	656	778	84%	87%	89%
Horizontales	87	99	97	16%	13%	11%
Totales	544	755	875	100%	100%	100%
<i>4. Flujos totales y filtro > 100</i>						
Verticales	285	438	530	70%	69%	71%
Horizontales	124	194	212	30%	31%	29%
Totales	409	632	742	100%	100%	100%
<i>5. Flujos totales y filtro > 50</i>						
Verticales	505	772	962	61%	66%	66%
Horizontales	326	405	492	39%	34%	34%
Totales	831	1.177	1.454	100%	100%	100%

Fuente: Elaboración a partir de Censos y Padrones (IDESCAT)

4.3. Características

Los indicadores que caracterizan la red se han aplicado sobre la estructura de red vertical y la horizontal (flujo mínimo de 50 *commuters*), aislando ambas estructuras. Los resultados permiten comparar las características de ambas redes, y a su vez compararlas con las características del total de la red.

La **red vertical** está compuesta por 448 municipios y 962 vínculos de los 489 municipios y 1.454 vínculos que forman la red principal. La **red horizontal** integra 273 municipios y 492 vínculos. La **densidad** de la red vertical (0,48%) es menor que la de la red horizontal (0,66%). Esto significa que la red horizontal es ligeramente más densa. Consolidando ambas redes, la densidad es del 0,61%.

El número de **tríadas** transitivas ordenadas ($A \rightarrow B \rightarrow C$) es del 48,33% en la red vertical, del 42,27% en la red horizontal y del 34,68% en el total de la red. La mayor densidad relativa de tríadas en la red vertical se debe a que ésta es un grafo conexo, mientras la horizontal contiene un núcleo muy denso, pero una gran cantidad de subredes no conexas entre ellas.

Los indicadores de **cohesión** muestran una distancia geodésica media de la red vertical (1,51) menor que la de la red horizontal (2,46) y la del total de la red (3,11). El diámetro de la red vertical ($d=4$) es la mitad del de la red horizontal ($d=8$). Ambas magnitudes indican que los desplazamientos por la red vertical serían de menor distancia, es decir, se realizarían en menor número de pasos, y por tanto sería más eficiente. Sin embargo, también puede interpretarse que la red horizontal permite un mayor número de pasos por caminos indirectos, y por tanto sería importante de cara al objetivo de eficacia.

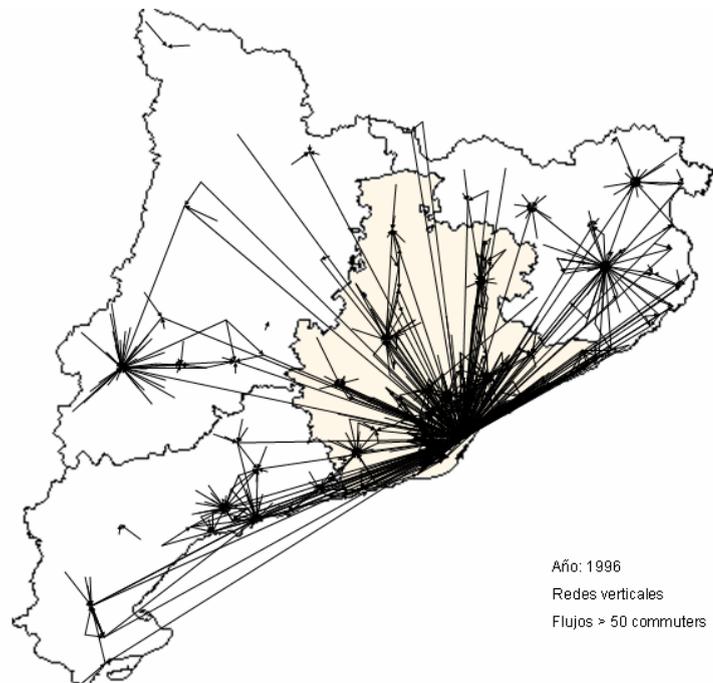
Los indicadores de **centralidad** permiten medir el grado de jerarquía de las redes. En el indicador de grado, la red vertical muestra una jerarquía relativa del 46%, que determina el 42% del total de la red. Por su parte, la red horizontal muestra unos niveles de centralidad muy bajos (6,7%). Barcelona se muestra como el municipio con mayor centralidad en la red vertical y en el total de la red (46,7 y 42,8 respectivamente), seguido a distancia por los subcentros principales del sistema y los municipios vecinos a Barcelona. En la red horizontal muestran mayor centralidad relativa municipios como Martorell, Castellbisbal, Polinyà y Terrassa.

El indicador de centralidad por autovalores muestra niveles mucho más elevados de centralidad para todas las redes. En la red vertical, la centralización supera el 80%, mientras que en la red horizontal se sitúa en el 43%, y en el total de la red en el 50%. Este incremento de los valores de centralidad respecto al indicador de grado puede deberse al hecho de que el indicador por autovalores requiere el uso de una matriz simétrica, mientras que el primer indicador se había calculado con una matriz asimétrica. Al simetrizar los flujos, algunos municipios están multiplicando su centralidad, lo que repercute en niveles de centralidad excesivamente elevados. En cualquier caso, los municipios que acumulan mayor nivel de centralidad son Barcelona y los municipios de la parte central de la región metropolitana.

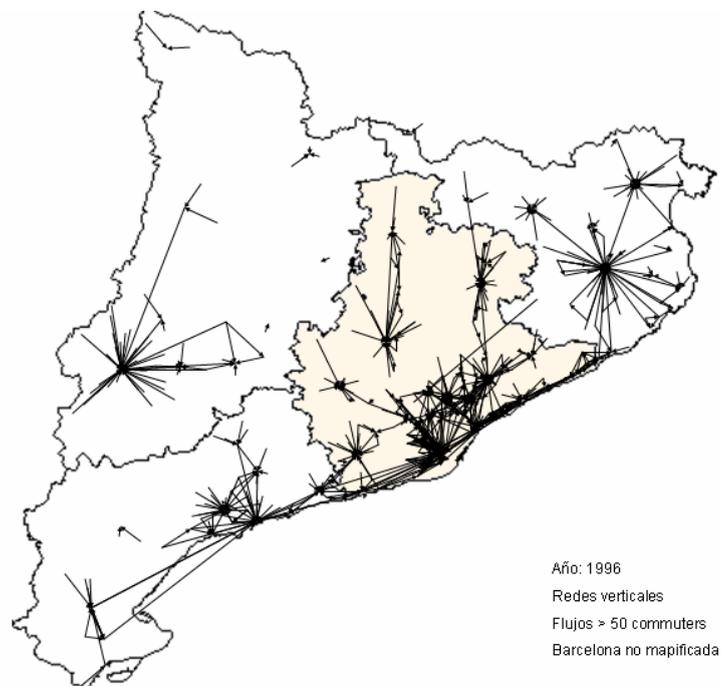
El indicador de **intermediación** muestra elevados niveles de mediación en la red jerárquica (87%), que se trasladan al total de la red (78%), mientras que en la red horizontal, estos valores son bajos (16%). Los municipios con mayor capacidad de intermediación son Barcelona, las capitales de provincia (Girona, Lleida y Tarragona), además de Figueres, Reus, Vilafranca del Penedès, Vic, Manresa, Olot y Badalona.

Figura 12. Flujos de movilidad laboral por destino y jerarquía 1996. Filtro mínimo de 50 commuters.

a) Redes verticales

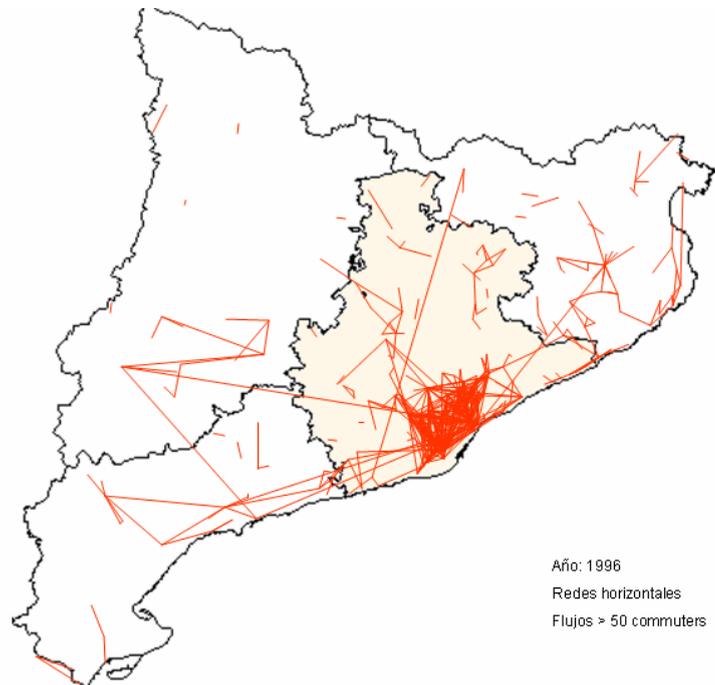


b) Redes verticales excluyendo Barcelona

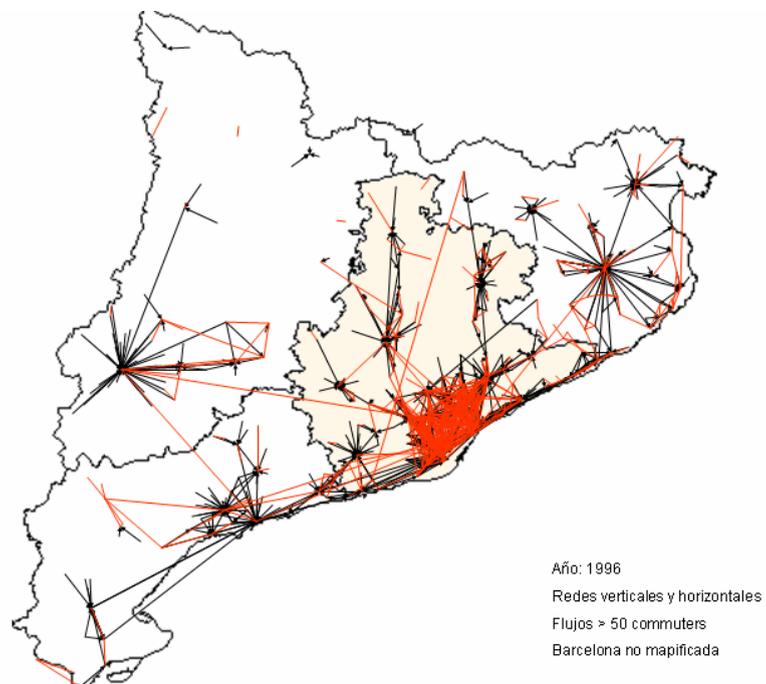


Fuente: Elaboración a partir de censos y padrones (IDESCAT)

c) *Redes horizontales*



d) *Redes verticales y horizontales excluyendo Barcelona*



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

El indicador de **influencia** de Taylor se aplica con una ponderación de $\beta=0,5$. En ambos casos, los municipios con mayor influencia son Barcelona, L'Hospitalet de Llobregat, Granollers, Girona, Badalona, Tarragona, Lleida, Rubí, Sabadell y Cornellà de Llobregat.

Finalmente, el indicador de **poder** muestra un nivel medio de poder mayor en la red vertical (4,29) que en la horizontal (3,6). En la primera, los municipios más poderosos son Barcelona, Girona, Lleida, Granollers, L'Hospitalet de Llobregat, Tarragona, Badalona, Manresa, Reus y Vic.

Para una matriz de contactos de primer orden, los indicadores de correlación espacial global muestran, en la red vertical, correlación negativa y significativa del empleo total y la variación absoluta del empleo 1991-1996. Sin embargo, no para la variación absoluta del empleo 1996-2001 ni el número de empresas. La red horizontal muestra correlación positiva con la ratio de crecimiento 1996-2001, la diversidad y la dimensión de empresa.

Para la red vertical, la matriz de segundo orden sugiere correlación positiva del empleo total, y negativa con la variación absoluta del empleo. En la red horizontal, existe correlación positiva de la tasa de crecimiento 1991-1996 y la diversidad, y negativa con la dimensión de empresa. Con la matriz de tercer orden solo se encuentran valores significativos para la red horizontal.

Los estadísticos de correlación local muestran que en la red vertical, los municipios con mayores valores significativos, tanto positivos como negativos, son Barcelona, Terrassa y Mataró. En la red de primer orden, Barcelona se relaciona negativamente con la ocupación total. Sin embargo, lo hace de forma positiva con la variación total de la ocupación. Terrassa se correlaciona positivamente con la ratio de crecimiento en ambos períodos, y Mataró solo en el primero. Además, Terrassa se correlaciona negativamente con el número de sectores especializados.

5. REDES DE SINERGIA Y COMPLEMENTARIEDAD

5.1. Identificación de la red

Como se explicó en los capítulos 1 y 4, las redes de sinergia y complementariedad 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.

La estructura principal de la red se identifica fijando un flujo significativo mínimo, y el perfil del municipio a partir de la aplicación de la metodología *cluster k*-

*medias*³³. Cada sector actúa como una variable, de manera que se consideran 220 sectores de los 222 posibles (para los dos restantes no existen ocupados censados). La identificación se realiza para el año 1996³⁴.

Un requisito de la metodología *k-medias* es fijar a priori el número de grupos. No existe un criterio claro para determinarlo. En este caso, se ha optado por un número alto de grupos, fijado en 50. Esto implica que, si todos los grupos tuvieran al final el mismo número de municipios, cada uno constaría de 19 municipios. En la práctica, el número de individuos en cada grupo puede oscilar entre 1 y (N-k-1) municipios³⁵.

Los grupos con mayor número de municipios son el C40 (163 municipios), el C12 (89 municipios), el C8 (82 municipios), el C41 (79 municipios), el C43 (67 municipios), y el C25 (53 municipios). Once municipios forman grupo en solitario.

Tabla 8. N° de municipios asignados a cada grupo

Grupo	N° Municipios						
C1	3	C14	1	C27	6	C40	163
C2	14	C15	16	C28	1	C41	79
C3	7	C16	5	C29	2	C42	2
C4	13	C17	6	C30	3	C43	67
C5	40	C18	4	C31	31	C44	9
C6	29	C19	4	C32	20	C45	8
C7	31	C20	2	C33	1	C46	9
C8	82	C21	1	C34	1	C47	2
C9	2	C22	2	C35	29	C48	1
C10	11	C23	32	C36	3	C49	37
C11	1	C24	3	C37	1	C50	1
C12	89	C25	53	C38	11		
C13	1	C26	1	C39	4		

Después de identificar los grupos, un análisis de la varianza (ANOVA) permite conocer qué variables (sectores productivos) ofrecen mayor dispersión entre ellos³⁶. Para caracterizar el perfil de los municipios de cada grupo en relación con

³³ Ver detalles en el capítulo 4.

³⁴ El procedimiento es costoso de implementar, y produce gran cantidad de información. Como hemos visto en las elaboraciones anteriores, la estructura del sistema de ciudades tiende a permanecer bastante estable en este período de tiempo.

³⁵ El número de grupos de partida, así como la desagregación sectorial (número de variables) influye en el resultado final. Se realizó un análisis de sensibilidad cambiando el número de sectores y el número de grupos de partida. Los resultados se mostraron suficientemente robustos. Las distancias finales de cada individuo respecto al centro de su grupo permiten comprobar que la asignación final de municipios es adecuada. La distancia promedio al centro del conglomerado es de 13,5, y oscila entre cero (para los municipios que forman un grupo por sí solos), y 31,5.

³⁶ El análisis de varianza (ANOVA) descompone la suma total de los cuadrados en dos componentes: la variabilidad intra-cluster (media cuadrática del factor) e inter-cluster (media cuadrática del error), el ratio entre ambas es la distribución *F*. Las variables con mayor capacidad de discriminación entre clusters son principalmente actividades manufactureras, a las que se añaden actividades primarias, extractivas y algunos servicios, como hoteles, prestación pública de servicios y administración pública. Las actividades de servicios avanzados muestran una menor capacidad explicativa en la caracterización del perfil del municipio.

los de los otros grupos, comparamos las desviaciones de cada grupo con respecto a la media de cada sector.

Tabla 9. Resultados del análisis de varianza (ANOVA)

CNAE	SECTOR	Mean Square cluster	Mean Square error	F
Variables (sectores) con mayor dispersión entre clusters				
334	Fabricación de instrumentos de óptica i de equipos fotográficos	27,90	0,02	1.260,73
011	Producción agrícola	7.929,4 1	18,45	429,73
102	Extracción y aglomeración de lignito	64,01	0,16	388,75
232	Refinación de petróleo	32,19	0,20	160,09
171	Preparación e hilado de fibras textiles	499,15	5,02	99,44
013	Producción agrícola combinada con la producción ganadera	663,77	8,84	75,12
151	Industrias cárnicas	349,82	4,75	73,63
211	Fabricación de pasta de papel, papel y cartón	135,96	2,37	57,41
551	Hoteles	545,37	10,62	51,35
261	Fabricación de vidrio y productos de vidrio	22,52	0,47	47,42
554	Establecimientos de bebidas	51,67	1,10	46,90
451	Preparación de obras	572,54	16,29	35,15
521	Comercio al detalle en establecimientos no especializados	46,03	1,39	33,15
297	Fabricación de aparatos domésticos	23,55	0,74	31,68
012	Producción ganadera	352,52	11,18	31,54
401	Producción y distribución de energía eléctrica	44,55	1,43	31,23
341	Fabricación de vehículos de motor	23,58	0,78	30,08
361	Fabricación de muebles	53,51	1,92	27,90
752	Prestación pública de servicios a la comunidad en general	19,91	0,72	27,60
176	Fabricación de tejidos de punto	41,62	1,53	27,24
Variables (sectores) con menor dispersión entre clusters				
455	Alquiler de equipos de construcción o demolición con operario	0,00	0,00	0,00
603	Transporte por tuberías	0,00	0,00	0,00
612	Transporte por vías de navegación interiores	0,00	0,00	0,00
622	Transporte aéreo discrecional	0,00	0,00	0,00
623	Transporte espacial	0,00	0,00	0,00
711	Alquiler de automóviles	0,00	0,00	0,00
712	Alquiler de otros medios de transporte	0,00	0,00	0,00
721	Consulta de equipos informáticos	0,00	0,00	0,00
723	Proceso de datos	0,00	0,00	0,00
927	Actividades recreativas diversas	0,00	0,00	0,00

Una vez determinada la especialización de cada municipio en base a la aplicación de la metodología *k-medias*, se superpone a la red de ciudades previamente identificada. Cuando entre dos municipios exista una relación de red, esta será de complementariedad si ambos municipios pertenecen a un grupo diferente (perfil económico diferente), o de sinergia, si pertenecen al mismo grupo (perfil económico similar).

De los resultados de la figura 13 observamos la diferente distribución de ambos tipos de relaciones de red en el sistema urbano. Las **redes de complementariedad** marcan la estructura policéntrica del sistema, dibujando figuras en forma de estrella alrededor de la mayoría de los subcentros: Girona, Figueres, Olot, Igualada, Manresa, Vic, Vilafranca del Penedès, Sabadell, Terrassa, Mataró, Granollers, Valls y Lleida. En algunas subredes la estructura muestra forma de malla, como en Tarragona-Reus, y 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.

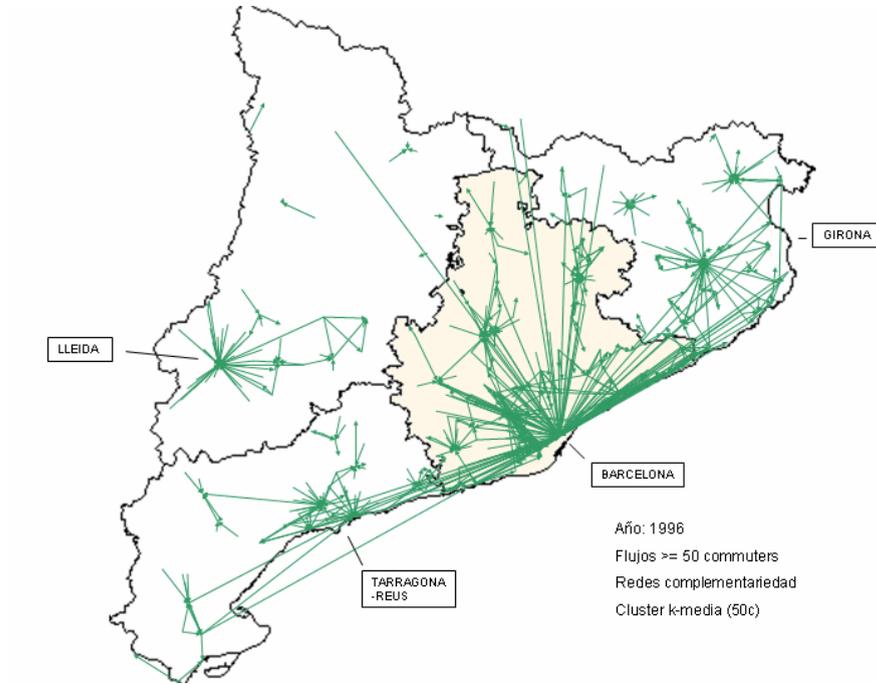
Los grupos cuyos municipios mantienen más relaciones de complementariedad con el resto son el C40 (servicios), C43 (Obras, hoteles, restaurantes), C6 (textil), C23 (actividades varias), C25 (actividades primarias), y C35 (turismo).

Las **redes de sinergia** se concentran especialmente en la parte central de la región metropolitana de Barcelona, donde los municipios tienen estructuras productivas muy similares, formando una densa red en forma de malla. También existen relaciones de sinergia centradas en Girona, Igualada, Manresa y Vic, y entre municipios de la red de Tarragona con los de la región metropolitana de Barcelona. La red de sinergia es menos densa que la de complementariedad en Tarragona y Lleida. De nuevo, Barcelona mantiene fuertes relaciones de sinergia con municipios de la región metropolitana, así como con otros municipios situados a mayor distancia, aunque la red central de la región metropolitana continua siendo fuertemente sinérgica al eliminar Barcelona. En total, el 53% de las relaciones de red son de sinergia, aunque un elevado número de municipios mantienen a la vez diversas relaciones de sinergia y de complementariedad.

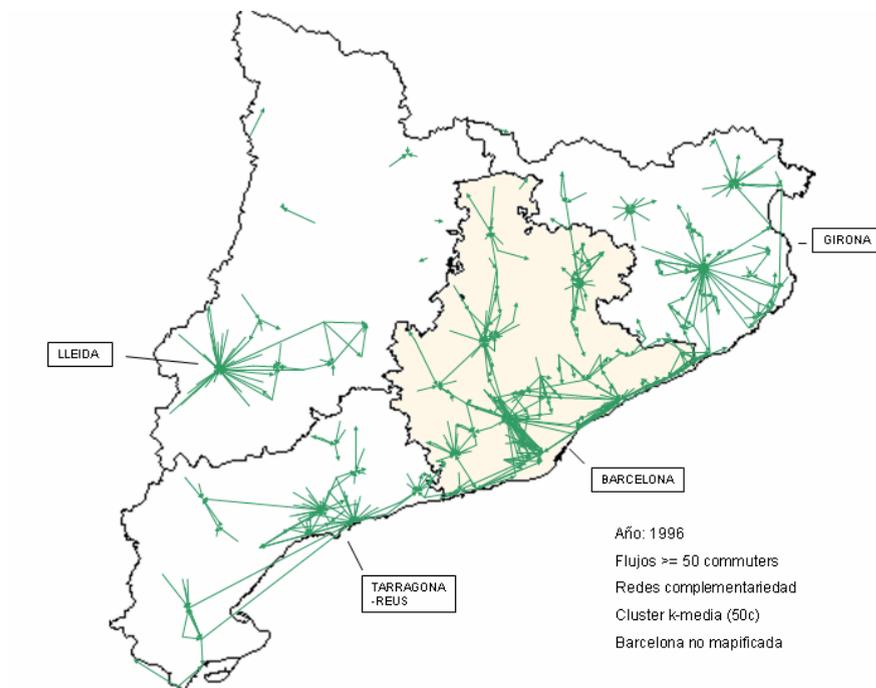
Desagregando la sinergia por grupos, el C40, basado en municipios cuya estructura sectorial es rica en servicios, es el que más relaciones de sinergia aporta. Destaca además el C6 (textil) alrededor de Igualada, Manresa y Mataró, y el C43 (pequeños municipios de la costa especializados en turismo).

Figura 13. Redes de sinergia y de complementariedad. Año 1996

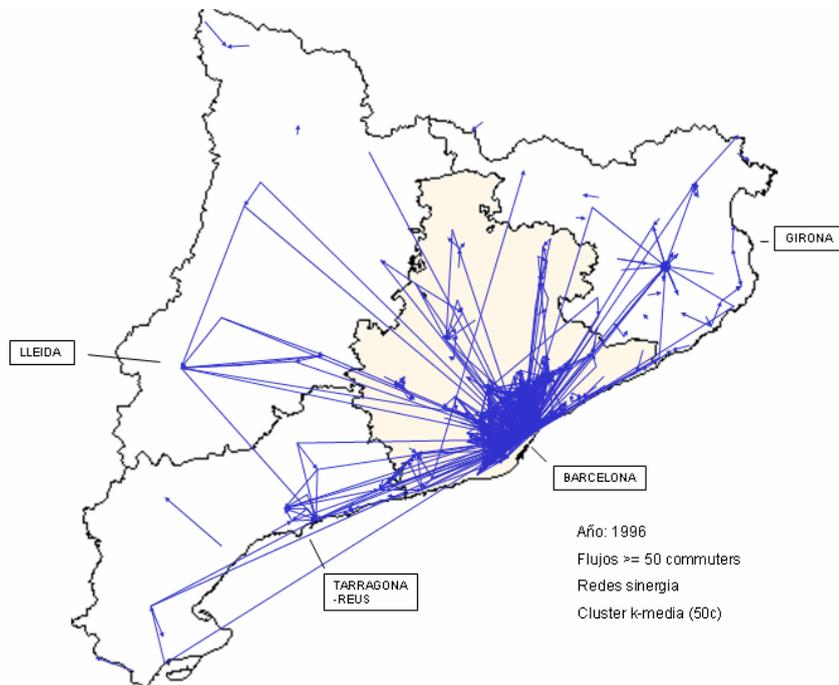
a) Redes de complementariedad



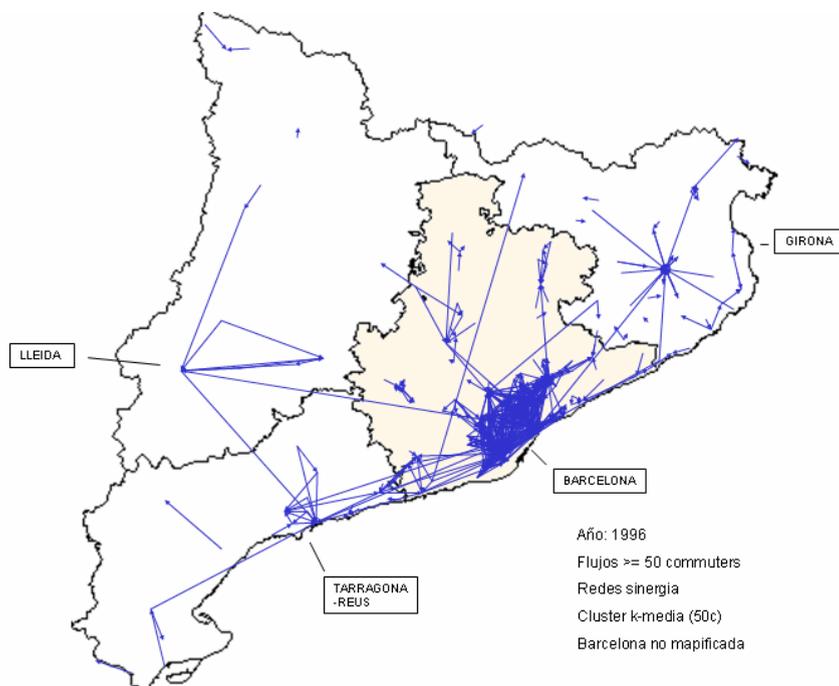
b) Redes de complementariedad, Barcelona no mapificada



c) Redes de sinergia



d) Redes de sinergia, Barcelona no mapificada



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

Existe la posibilidad adicional de desagregar las redes de complementariedad y sinergia respecto a la orientación jerárquica de la relación entre municipios. La mayor proporción de relaciones de la red son complementarias y verticales (35%), frente a un 32% de las relaciones de sinergia verticales, un 21% de relaciones de sinergia horizontales, y un 13% de relaciones de complementariedad horizontales. Es decir, las relaciones de complementariedad tienden a ser mayoritariamente jerárquicas, en una proporción de 2,75 a 1. En las relaciones de sinergia, aunque también predominan las relaciones jerárquicas, la ratio es más equilibrada (1,5 a 1).

Tabla 10. Desagregación de la complementariedad y la sinergia en relación con la estructura jerárquica

	<i>Complementariedad</i>	<i>Sinergia</i>	<i>Total</i>
<i>Vertical</i>	35%	32%	66%
<i>Horizontal</i> **	13%	21%	34%
<i>Total</i>	47%	53%	100%

* Las relaciones verticales indican jerarquía

** Las relaciones horizontales indican heterarquía (ausencia de jerarquía)

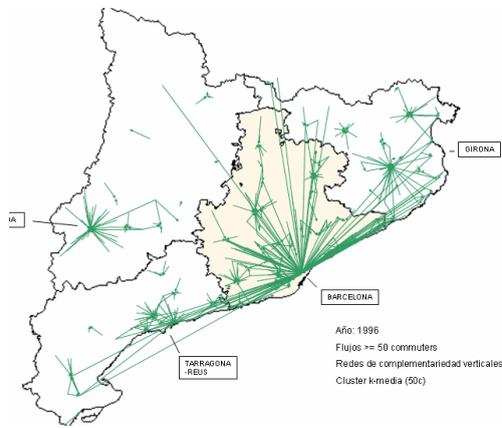
Barcelona es el municipio con mayor capacidad de complementariedad y sinergia en redes verticales. Las redes de complementariedad verticales permiten observar estructuras en forma de árbol, mientras que las redes de sinergia verticales tienden a concentrarse en la parte central de la región metropolitana de Barcelona, con una estructura de larga distancia radial desde este centro, pero que sin embargo tiende a cerrarse en los bordes. Este último tipo de redes se origina entre municipios de diferente rango pero con estructuras productivas muy similares, aunque algunos puedan mostrar mayor cantidad de funciones de uno u otro tipo, este no demuestra ser determinante para otorgar un perfil diferente al municipio³⁷.

Las redes de complementariedad horizontales no muestran un patrón definido, y tienden a complementar de forma local al resto de redes. Las redes de sinergia horizontales se concentran en la parte central de la región metropolitana de Barcelona, y en el resto de Cataluña no siguen un patrón definido.

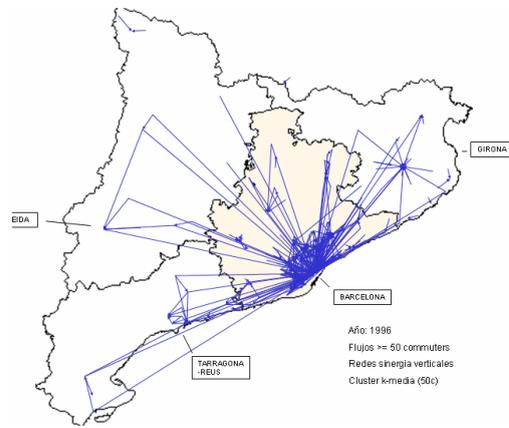
³⁷ En el transcurso de un seminario en el Departamento de Ingeniería Gestionale del Politecnico de Milano, Roberto Camagni se mostró sorprendido por la aparición de estructuras de sinergia verticales, categoría que consideraba aparentemente contradictoria. El procedimiento de identificación de las redes, perfiles y rangos puede estar en relación con la aparición de algunos de estos flujos. El ámbito territorial de aplicación (Cataluña) también puede provocar que los perfiles de estos municipios se muestren más parecidos que si la aplicación fuera sobre un ámbito más reducido (por ejemplo, la región metropolitana de Barcelona). Otro hecho añadido es que si bien algunos de estos municipios muestran diverso porcentaje de ocupados en algunos sectores que podríamos considerar de alto nivel, también muestran una similitud en el resto de la estructura productiva, lo que acaba determinando su inclusión en uno u otro grupo. Es decir, en la metodología aplicada, es el grueso de la estructura productiva, y no la mayor presencia de algunos sectores determinados, lo que determina su inclusión en un perfil. Esto también sugiere que podría aplicarse otro tipo de procedimiento, determinando a priori cuales son los sectores concretos que determinan la función de un municipio (ver por ejemplo Emanuel 1989, 1990a y 1993, y Boix 2000a). El uso de estos otros procedimientos conlleva otra serie de inconvenientes. Una forma mucho más exacta de identificar las redes de complementariedad y sinergia sería de disponer de datos de diferentes tipos de flujos en una capa multiplexa.

Figura 14. Desagregación de la complementariedad y la sinergia en relación con la estructura jerárquica

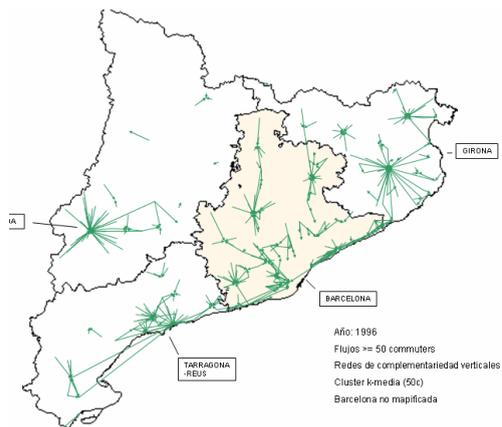
a) Redes de complementariedad verticales



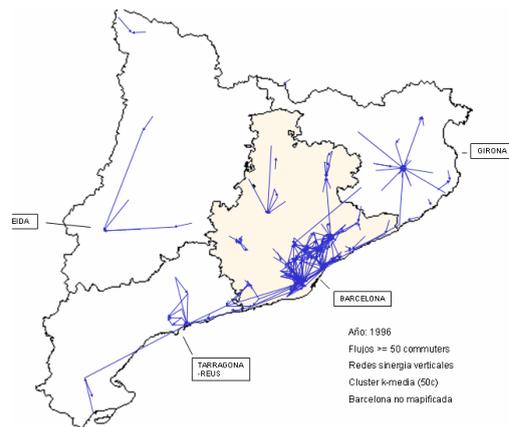
b) Redes de sinergia verticales



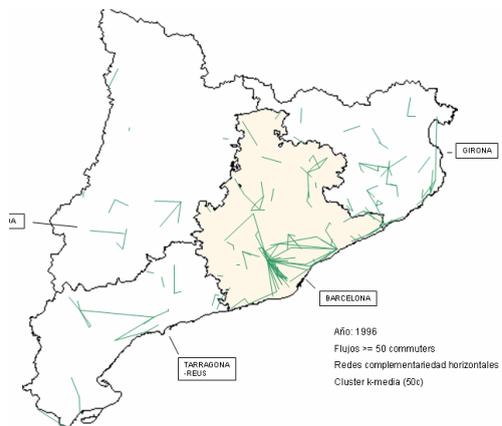
c) Redes de complementariedad verticales, Barcelona no mapiificada



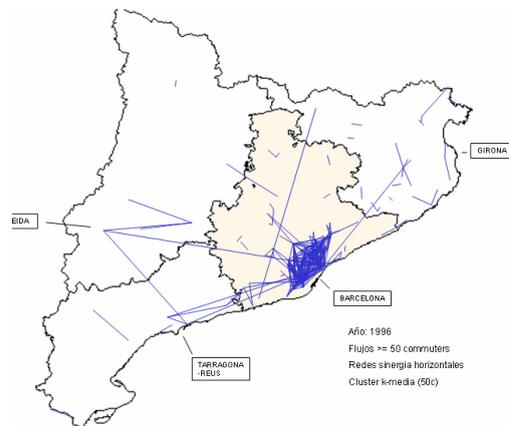
d) Redes de sinergia verticales, Barcelona no mapiificada



e) Redes de complementariedad horizontales



e) Redes de sinergia horizontales



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

5.2. Características

La red de complementariedad está compuesta por 437 municipios y la de sinergia por 221 municipios, sobre un total de 489 de la red principal. De las 1.454 conexiones de la red principal, 686 corresponden a la red de complementariedades, y 768 a la red de sinergia. Esto resulta en que la **densidad** de la red de complementariedad (0,36%) sea menor que la de la red principal (0,61%), mientras que la red de sinergia muestra una densidad sensiblemente mayor (1,57%). También se refleja en que el porcentaje de **tríadas** transitivas ordenadas sea mayor en la red de sinergia (39,5%) y en total de la red (34,6%), que en la red de complementariedad (14,9%).

La **distancia** geodésica media y el **diámetro** de ambas redes es muy parecido, y mayor que el de la red principal. Esto significa que cuando se consolidan ambas estructuras, el número de pasos para desplazarse a través de la red disminuye sensiblemente.

Los indicadores de grado y autovalores ofrecen información aparentemente contradictoria sobre el grado de **centralización** de ambas redes. El indicador de grado muestra una centralización de la red de complementariedad del 21%, donde destacan Barcelona, Lleida, Martorell, Girona, Tarragona, Mataró, Reus, Manresa, Figueres, Vilafranca del Penedès y Vic. La red de sinergia estaría más centralizada (52%), y destacan los municipios de Barcelona, Granollers, Hospitalet de Llobregat, Badalona, Terrassa, Sabadell, Rubí, Sant Boi de Llobregat, Girona y Cornellà de Llobregat. Por el contrario, el indicador por autovalores muestra una centralidad de la red de complementariedad del 87%, y de la red de sinergia del 42%. En el primer caso, aparecen como centros complementarios con mayores valores de centralidad: Barcelona, Martorell, Mataró, Calella, Pineda de Mar, Sant Vicent dels Horts, Palafoll, Canet de Mar, Olesa de Montserrat y Tordera. En la red de sinergia destacan Barcelona, L'Hospitalet de Llobregat, Badalona, Santa Coloma de Gramenet, Sabadell, Cornellà de Llobregat, Terrassa, Rubí, Sant Cugat del Vallès y Cerdanyola del Vallès. Esto es, la red de sinergia se concentra especialmente en la parte central de la región metropolitana de Barcelona, mientras que en la red de complementariedad, el indicador destaca la posición de algunos subcentros especializados, y de otros municipios conectados que parecen consolidar su papel complementario de forma mutua.

El grado de **intermediación** en la red de complementariedad (53,4%) es mayor que en la de sinergia (32,7%), aunque en ambos casos es menor que en el total de la red principal (78%). Esto significa que en ambas subredes los mismos municipios tienen un fuerte papel mediador, que se ve reforzado al consolidar los flujos.

En la red de complementariedad, los municipios con mayor **influencia** ($\beta=0,25$)³⁸ son: Barcelona, Martorell, Hospitalet de Llobregat, Mataró, Manresa, Olesa de Montserrat, Molins de Rei, Igualada, Castellbisbal, Cardedeu y El Papiol. En la red

³⁸ Se ofrecen resultados con $\beta=0,25$ debido a que con una ponderación de 0,5 no se puede calcular el indicador.

de sinergia son Barcelona, Santa Margarida i Els Monjos, Vilafranca del Penedès, Castellet i la Gornal, Granollers, Badia del Vallès, Vilanova i la Geltrú, Tarragona, Ripollet y Martorelles³⁹.

Finalmente, el indicador de **poder** muestra una media de 3,13 para la red de complementariedad, y de 6,95 para la red de sinergia. La media de la red total es de 5,39. En la red de complementariedad, los municipios con mayor poder son Barcelona, Lleida, Martorell, Girona, Mataró, Reus, Sant Vicent dels Horts, Tarragona, Manresa, Figueres y Vic. En la red de sinergia son Barcelona, Badalona, Hospitalet de Llobregat, Granollers, Santa Coloma de Gramenet, Sabadell, Terrassa, Cornellà de Llobregat, Mollet del Vallès y Rubí; estos municipios se concentran en la parte central de la región metropolitana de Barcelona.

En referencia a los indicadores de correlación global, ambas redes muestran correlación espacial negativa (orden 1) con el empleo total, la variación absoluta del empleo, el número de sectores especializados del municipio y el número de empresas. Muestran correlación positiva con la diversidad. Estos resultados se mantienen con la matriz de segundo orden. Con la matriz de tercer orden, ambas matrices muestran comportamientos diferentes.

En los indicadores de correlación y asociación local, la red de complementariedad muestra pocos resultados de altos valores de correlación en los grandes municipios, y centrados en segundo y tercer orden.

En cambio, en la red de sinergia se obtienen muchos municipios de gran tamaño que acaparan altos valores en las dos colas de la distribución. En relación con la ocupación total destaca la correlación positiva de L'Hospitalet de Llobregat, Sabadell, Terrassa, Badalona y El Prat de Llobregat. También l'Hospitalet, Sabadell y Terrassa muestran elevada correlación con la variación absoluta de la ocupación 1991-1996, la ratio de crecimiento 1996-2001 y la diversidad. Tarragona y Girona muestran elevados valores para la especialización. En valores negativos (primer orden) destaca la correlación de Barcelona, Tarragona, Lleida, El Prat de de Llobregat y Reus con la variación absoluta de la ocupación 1991-1996. Barcelona muestra también elevadas correlaciones negativas de segundo y tercer orden para la ocupación, la variación absoluta de la ocupación, tasa de crecimiento de la ocupación entre 1996 y 2001, y la dimensión de empresa.

³⁹ Se ofrecen los resultados con diferentes betas porque en el caso de la red de complementariedad no se puede calcular con $\beta=0,5$, y en la red de sinergia no se puede calcular con $\beta=0,25$.

6. REDES DE CONOCIMIENTO

Uno de los temas que más interés despierta en los últimos tiempos es la difusión del conocimiento a lo largo del sistema urbano. Los **datos** de los que se dispone son flujos de movilidad laboral entre municipios. Para la identificación de las estructura de red derivadas de la transmisión del conocimiento entre unidades urbanas a partir de los datos de movilidad laboral, es preciso suponer que el desplazamiento de los *commuters* entre municipios permite el efecto difusión, susceptible de convertirse en una economía externa de conocimiento⁴⁰. Si aceptamos esta hipótesis, disponemos de dos fuentes para identificar estas redes de conocimiento: los flujos por sectores y los flujos por profesiones.

Los flujos por sectores han sido utilizados por Trullén y Boix (2001b)⁴¹ para investigar la relación entre ocupación en actividades de conocimiento alto y estructura urbana. El **procedimiento** utilizado consiste en reagregar los flujos sectoriales en solo dos grupos: conocimiento alto y conocimiento bajo, y aplicar el procedimiento de flujos directores con un filtro mínimo de 100 *commuters*. Las estimaciones econométricas posteriores sugieren la existencia de una relación entre estos flujos y el *stock* de ocupados en actividades de conocimiento alto.

En la presente investigación se implementa un procedimiento similar, pero utilizando el procedimiento de filtro de significatividad (filtros mínimos de 50 y 100 *commuters*). Además, no sólo se identificará la estructura de la red por conocimiento alto, sino también por conocimiento bajo⁴², y se utilizará tanto la clasificación por sectores (CNAE 93) como la clasificación por ocupados (CNO 94)⁴³. A diferencia de lo que ocurría con las tipologías anteriores (vertical-horizontal; sinergia-complementariedad) el procedimiento aplicado permite que entre dos nodos existan simultáneamente relaciones de conocimiento alto y bajo. De esta manera se presta atención simultáneamente a ambos tipos de estructuras de conocimiento.

6.1. Flujos por sectores

⁴⁰ Desgraciadamente, no disponemos para Cataluña de más datos de flujos sectoriales que los derivados de los censos y padrones, aunque sería óptimo disponer de intercambios input-output territorializados (como podemos ver en Isard 1971). Las series de ocupación de censos y padrones disponen de cortes para 1986, 1991 y 1996. La desagregación sectorial de 1986 es muy baja (24 sectores).

⁴¹ Op.cit.

⁴² Con esto se pretende dar respuesta algunas preguntas surgían en Trullén y Boix (2001b) al analizar los resultados de las estimaciones econométricas.

⁴³ La CNAE es la Clasificación Nacional de Actividades Española, que a grandes rasgos corresponde con la NACE Rev. La CNO es la Clasificación Nacional de Ocupaciones, y tiene su equivalente a nivel internacional en la CITP-88 (CIUO-88 y CIUO-88 COM). Agradezco la sugerencia que hizo en su momento José Luís Roig sobre la posibilidad de utilizar esta clasificación en relación con la transmisión de información y conocimientos.

6.1.1. Identificación de la red

En primer lugar se ha aplicado un flujo mínimo de 100 *commuters* (anexo 3). Lo primero que llama la atención es que la red por conocimiento alto está compuesta por pocos nodos y pocas relaciones de red. Barcelona es el mayor centro receptor de flujos de conocimiento alto, al que se añaden los municipios de la parte central de la región metropolitana de Barcelona, tramados tanto por relaciones verticales como horizontales. Fuera de este núcleo, se observan subredes de pequeña entidad alrededor de Girona, Lleida, Manresa, Vic y Tarragona-Reus.

La red de conocimiento bajo está compuesta por un número mayor de nodos y vínculos, y aparece como una red más densa. Barcelona es también el centro con mayor capacidad de atracción de flujos de conocimiento bajo, tanto de su entorno vecino como de otras subredes. Las redes de tipo horizontal contribuyen en gran medida a la formación de una subred densa en este núcleo central, y a conectarla con las subredes de Tarragona, Lleida y Girona. A excepción de Tarragona, el resto de subcentros principales del sistema urbano (Lleida, Igualada, Manresa, Vic, Vilafranca del Penedès y Girona) muestran figuras en forma de árbol. Al consolidar estas formaciones con los flujos con Barcelona se dibuja un perfil en forma de árbol con ramificaciones, pero con esta subred más densa en la parte central.

Al reducir el flujo mínimo hasta 50 *commuters* (figura 15), ambas redes se densifican de forma notable. En la red por conocimiento alto se perfila con mayor claridad el dibujo de los subcentros, y la importancia de las redes horizontales (aunque la fortaleza de los flujos no sea muy elevada) en el tramado de esta red en el centro de la región metropolitana de Barcelona. La red de conocimiento bajo se muestra ahora mucho mejor tramada, combinando figuras en forma de estrella (alrededor de los subcentros) y figuras en forma de malla. Esta malla es muy densa en el centro de la región metropolitana, alimentada por flujos horizontales, que también contribuyen a unir las diversas subredes con independencia de Barcelona, y a cerrar algunos de los radios de las estrellas alrededor de los subcentros.

En términos relativos, tanto en las redes de conocimiento alto como en las de conocimiento bajo, el número de diadas verticales es mayor que el de diadas horizontales, siendo esta proporción mayor en la red de conocimiento alto (67% ; 33%) que en la red de conocimiento bajo (62% ; 38%). Esto sugiere que una parte del conocimiento se está transmitiendo en estructuras horizontales. Al incrementar el umbral de flujo significativo, la proporción de diadas verticales incrementa entre un 8% (conocimiento alto), y un 6% (conocimiento bajo), lo que indica que la estructura vertical tiende a ser más robusta que la horizontal. Sin embargo, es complicado referir que un tipo de flujos sea más importante que el otro, puesto que la generación de efectos externos no sólo depende de la intensidad del flujo, sino también de la capacidad del receptor para convertir este flujo en una ventaja diferencial. En este sentido, en Trullén y Boix (2001b) se obtenían resultados que

sugieran que las redes horizontales, pese a ser menos abundantes, podían ser más importantes en la generación de ocupación en sectores de conocimiento alto⁴⁴.

El número de díadas horizontales es diferencialmente mucho más denso en la región metropolitana de Barcelona, especialmente en la red de conocimiento alto. En la red de conocimiento bajo destaca sobre todo la capacidad de los flujos horizontales de conectar diferentes subredes, y el tramado que aportan a la subred de Girona y Figueres, y a las redes de Manresa y Vic.

Tabla 11. Número de díadas⁴⁵ verticales y horizontales en relación con los flujos de conocimiento alto y bajo. Cataluña 1996

Flujos = 50				Flujos = 100			
a) Díadas totales							
	Verticales	Horizontales	Total		Verticales	Horizontales	Total
C.Alto	381	190	571	C.Alto	204	68	272
C.Bajo	686	422	1.108	C.Bajo	370	177	547
Total	1.067	612	1.679	Total	574	245	819
b) Díadas en % sobre la el total STI o No STI							
	Verticales	Horizontales	Total		Verticales	Horizontales	Total
C.Alto	67%	33%	100%	C.Alto	75%	25%	100%
C.Bajo	62%	38%	100%	C.Bajo	68%	32%	100%

6.1.2. Evolución temporal

En los flujos de conocimiento alto, la red se expande y densifica ligeramente entre 1991 y 1996⁴⁶. Este hecho se aprecia mejor cuando se elimina Barcelona del mapa. La red por conocimiento bajo es más densa⁴⁷, y su evolución entre 1991 y 1996 más aparente que en el caso de la red por conocimiento alto, aunque la estructura principal continúa siendo la misma. La red se intensifica entre 1991 y 1996, y tiene una entidad propia aún sin Barcelona. En este período se intensifican las relaciones entre las diferentes subredes. Esta tendencia sugiere una mayor dependencia de la estructura urbana de Barcelona para la transmisión de flujos de información y conocimiento elevados, mientras que los flujos de conocimiento bajo dispondrían de una malla mejor tramada y con más opciones que aseguraran la difusión.

⁴⁴ La metodología de Trullén y Boix (2001b) se basaba en una adaptación de la clasificación OCDE del STI 1999. La presente investigación se basa en la adaptación de la clasificación de la OCDE 2001, cuya principal diferencia respecto a la de 1999 es la no inclusión del grupo 9 de la CNAE en el grupo de conocimiento alto. Otra diferencia respecto al citado trabajo es que se utilizaba un método de identificación de redes a partir de los flujos directores filtrados por umbral de significatividad. En nuestro caso, sólo se aplica un filtro de significatividad, lo que proporciona mayor número total de relaciones de red, con un incremento significativo de las redes horizontales.

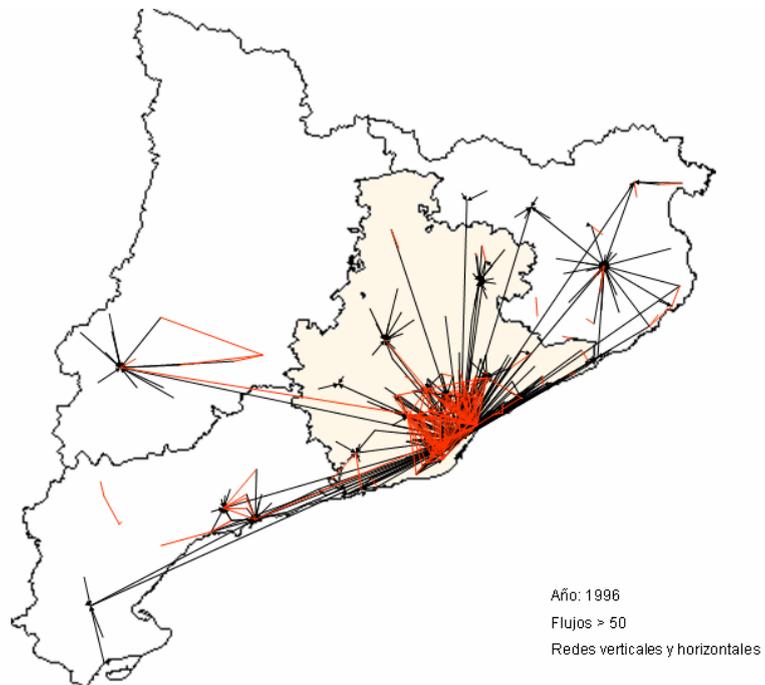
⁴⁵ Las díadas son relaciones entre pares de nodos. No se pondera si el flujo es unidireccional o bidireccional. Véase el capítulo 4 para mayor detalle sobre estos conceptos.

⁴⁶ Solo se dispone de datos con el suficiente nivel de desagregación y homogeneidad para aplicar la clasificación por conocimiento en los años 1991 y 1996.

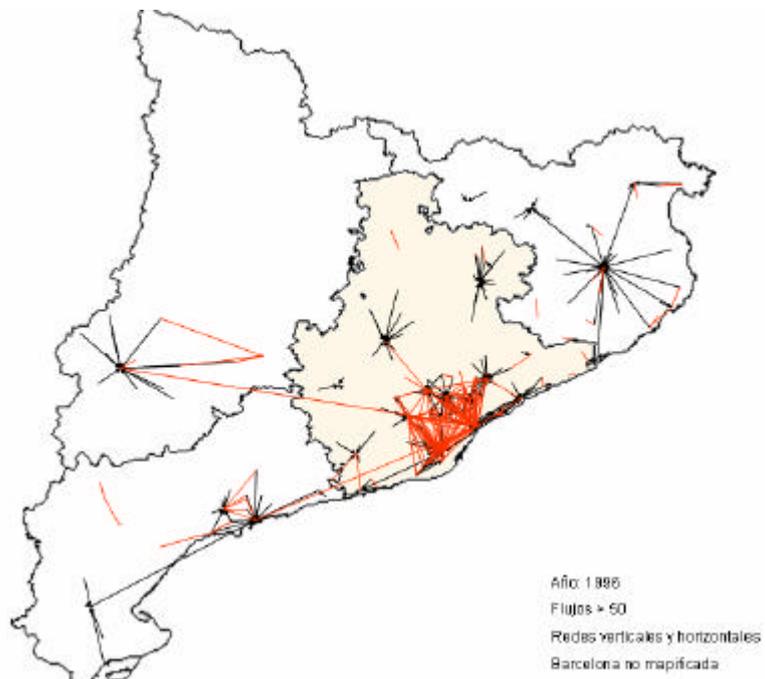
⁴⁷ En parte se debe a que la suma de flujos totales por conocimiento bajo tiende a ser mayor que la de conocimiento alto, al englobar mayor número de grupos de profesionales.

Figura 15. Redes verticales y horizontales relacionadas con el conocimiento alto 1996. Flujo mínimo de 50 commuters

a) Redes verticales y horizontales incluyendo Barcelona.



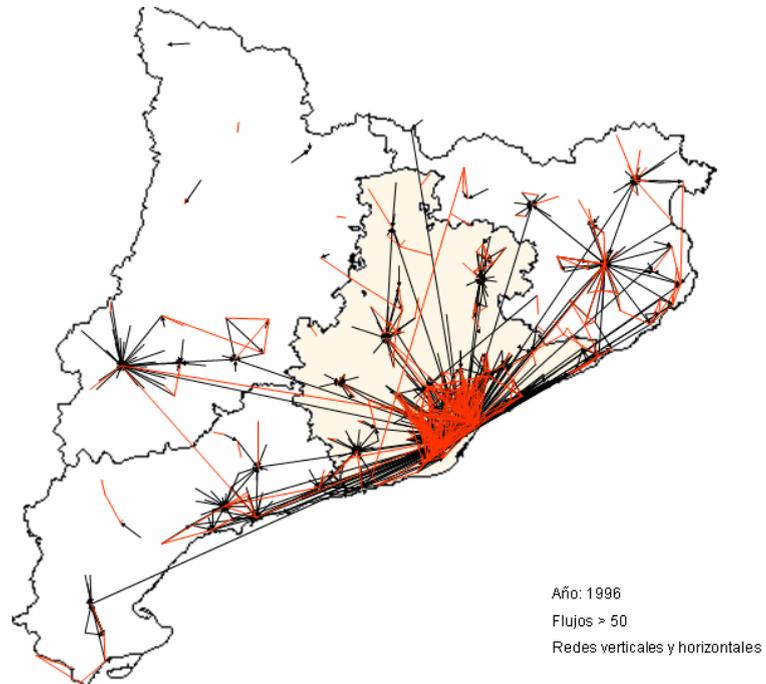
b) Redes verticales y horizontales excluyendo Barcelona.



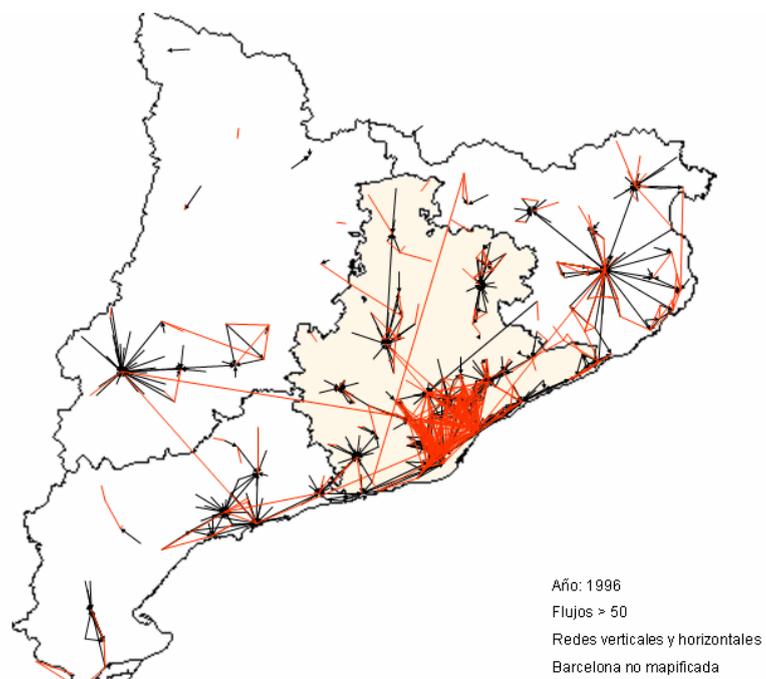
Fuente: Elaboración a partir de censos y padrones (IDESCAT) y OCDE 2001

Figura 16. Redes verticales y horizontales relacionadas con el conocimiento bajo 1996

a) Redes verticales y horizontales incluyendo Barcelona. Flujo mínimo de 50 commuters



b) Redes verticales y horizontales excluyendo Barcelona. Flujo mínimo de 50 commuters



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

6.1.3. Características

En la red de conocimiento bajo consta de mayor número de municipios (431) y relaciones (1.108) que la red de conocimiento alto (251 municipios, 571 relaciones), sobre una red principal compuesta de 489 municipios y 1.454 relaciones⁴⁸. Sin embargo, la **densidad** de la red por conocimiento alto (0,91%) es ligeramente mayor que la de conocimiento bajo (0,60%) y la red principal (0,61%). El número de triadas transitivas ordenadas es prácticamente idéntico en las tres redes: 35,5% en la de conocimiento bajo, 34,5% en la de conocimiento bajo y 34,7% en la red principal.

La red por conocimiento alto muestra mejores resultados en los indicadores de **cohesión**. Esto es, menor distancia geodésica media (3,39% frente a 4,17 de la red por conocimiento bajo), y menor diámetro (8 frente a 11). La red principal muestra resultados muy parecidos a los de la red de conocimiento alto (distancia = 3,1; diámetro = 8).

Todo este conjunto de indicadores nos revela que la red por conocimiento alto es más pequeña que la de conocimiento bajo, pero que sin embargo muestra una trama más densa y la transmisión de conocimiento entre los nodos se realizaría en un número menor de pasos.

Los indicadores de **centralidad** muestran niveles de centralización alto en ambas redes. El indicador de grado muestra una centralidad por entrada del 53% para la red de conocimiento alto, y del 35% en la red de conocimiento bajo. En la primera red, los nodos más centrales son Barcelona, Hospitalet de Llobregat, Martorell, Girona, Badalona, Granollers, Sabadell, Tarragona, Vic y Mataró. En la red por conocimiento bajo, los municipios más centrales son Barcelona, Girona, Granollers, Lleida, Sabadell, Hospitalet de Llobregat, Terrassa, Martorell, Badalona y Mataró.

La centralidad por autovalores muestra una centralización del 66% para la red de conocimiento alto, y del 54% para la red de conocimiento bajo. En la primera destacan Barcelona, Hospitalet de Llobregat, Badalona, Santa Coloma de Gramenet, Martorell, Sabadell, Sant Cugat del Vallès, Cornellà de Llobregat, Terrassa y Rubí. En la red de conocimiento bajo acumulan mayor centralidad Barcelona, Hospitalet de Llobregat, Badalona, Santa Coloma de Gramenet, Terrassa, Sabadell, Cornellà de Llobregat, Sant Boi de Llobregat, Montcada i Reixach i Rubí.

La **intermediación** es elevada y bastante similar en ambas redes: 83% en la de conocimiento alto y 75% en la de conocimiento bajo. En la red de conocimiento alto los nodos con mayor capacidad de intermediación son Barcelona, Girona, Lleida, Manresa, Vic, Tarragona, Reus, Vilafranca del Penedès, Tortosa e Igualada.

⁴⁸ Recordemos que la pertenencia a una u otra red no es excluyente. Tal como hemos identificado estas redes, entre dos municipios pueden simultáneamente existir flujos de conocimiento alto y bajo.

En la red de conocimiento bajo destacan Barcelona, Lleida, Girona, Vic, Figueres, Tortosa, Manresa, Vilafranca del Penedès, Reus, Tarragona e Igualada.

La **influencia** solo se ha podido calcular para la red por conocimiento bajo. Con una ponderación $\beta=0,5$, los municipios con mayor influencia son Barcelona, Granollers, Santa Margarida i Els Monjos, Vilafranca del Penedès, Girona, La Garriga, Tarragona, Maçanet de la Selva, Mollet del Vallès y Montmeló.

El índice de **poder** de la red de conocimiento alto muestra una media de 4,55, y destacan Barcelona, Badalona, L'Hospitalet de Llobregat, Girona, Martorell, Sabadell, Santa Coloma de Gramenet, Granollers, Terrassa y Cornellà de Llobregat. En la red de conocimiento bajo la media es ligeramente más elevada (5,1) y destacan Barcelona, Badalona, L'Hospitalet de Llobregat, Girona, Santa Coloma de Gramenet, Lleida, Terrassa, Granollers, Sabadell y Cornellà de Llobregat.

Para ambas redes, los indicadores de correlación global nos muestran correlación negativa de primer orden para las variables del empleo total, empleo por conocimiento alto/bajo (según la red), y la variación absoluta de este empleo por nivel de conocimiento. Existe correlación positiva con la ratio de crecimiento y la especialización. La red de conocimiento alto se relaciona positivamente con la diversidad, mientras que la de conocimiento bajo lo hace de forma negativa. Además, existen muestras de correlación positiva con la dimensión de empresa para la red de conocimiento bajo. En la red de segundo orden también aparecen correlaciones negativas importantes en el empleo total, el empleo por conocimiento y la variación del empleo por conocimiento.

Los grandes municipios aparecen con valores destacados de correlación local en la red de conocimiento alto: L'Hospitalet de Llobregat, Sabadell y El Prat de Llobregat, respecto a l'ocupació, la variación del conocimiento alto 1991-1996, y el número de empresas; Badalona con la ocupación total y la variación del conocimiento alto; Terrassa con la variación del conocimiento alto, y Mataró con el número de empresas. Barcelona muestra elevados valores de correlación negativa con la ocupación total y la variación de conocimiento bajo 1991-1996. En la red de conocimiento bajo destacan valores elevados y negativos de L'Hospitalet con relación a la variación de la ocupación en conocimiento bajo y el número total de empresas.

6.2. Flujos por ocupaciones

6.2.1. Identificación de la red

Los resultados permiten observar que Barcelona es el mayor centro receptor de flujos, tanto de profesionales relacionados con la STI como de no relacionados con la STI. De nuevo, la mayor densidad de relaciones de red se encuentra en el arco metropolitano con centro en Barcelona y vértices en Mataró, Granollers, Sabadell-

Terrassa, Màrtorell y Gavà. Se observa otra estructura relevante, en forma de malla, alrededor de Tarragona-Reus-Valls. El resto de flujos STI se concentra en estrellas alrededor de Lleida, Igualada, Manresa, Vic y Vilafranca del Penedès. Alrededor de Girona se encuentra otra estrella, esta vez con ramificaciones, formando una figura en árbol.

Los profesionales no-STI muestran una red más densa⁴⁹, con estructuras más tramadas y menos arboladas. También respecto a los profesionales STI destaca la tendencia de los no-STI a generar corredores que unen las distintas subredes, con independencia de Barcelona. Esta tendencia sugiere una mayor dependencia de Barcelona para la transmisión de flujos de información y conocimiento elevados, mientras que los flujos de conocimiento bajo dispondrían de una malla mejor tramada y con más opciones que aseguraran la difusión de la información.

Los resultados más interesantes se obtienen al separar las redes a partir de flujos STI y No STI en verticales y horizontales. A pesar de que en ambos tipos de redes (STI y No STI) predominan las relaciones verticales (tabla 12), el porcentaje de redes horizontales es mucho mayor en la red de flujos No STI. De la misma manera, el porcentaje de redes horizontales STI sobre las No STI (34%) es mucho menor que en el caso de las redes verticales (59%). Es decir, las redes horizontales podrían ser, en términos de flujos diádicos no ponderados ni dirigidos, de gran relevancia en la transmisión de conocimientos en aquellos grupos menos relacionados con la ciencia y la tecnología, mientras que los flujos STI utilizarían en mucha mayor medida caminos de transmisión en forma jerárquica dentro de la red de ciudades.

Tabla 12. Número de díadas⁵⁰ verticales y horizontales en relación con los profesionales STI y No STI. Cataluña 1996.

Flujos >=50				Flujos >=100			
<i>a) Díadas totales</i>							
	<i>Verticales</i>	<i>Horizontales</i>	<i>Total</i>		<i>Verticales</i>	<i>Horizontales</i>	<i>Total</i>
<i>STI</i>	400	147	547	<i>STI</i>	217	50	267
<i>No STI</i>	683	431	1114	<i>No STI</i>	370	190	560
<i>Total</i>	1083	578	1661	<i>Total</i>	587	240	827
<i>b) Díadas en % sobre la cualificación</i>							
	<i>Verticales</i>	<i>Horizontales</i>	<i>Total</i>		<i>Verticales</i>	<i>Horizontales</i>	<i>Total</i>
<i>STI</i>	73%	27%	100%	<i>STI</i>	81%	19%	100%
<i>No STI</i>	61%	39%	100%	<i>No STI</i>	66%	34%	100%

⁴⁹ El resultado es, en parte, esperable, puesto que la suma de flujos totales no-STI tiende a ser mayor que la de STI, al englobar mayor número de grupos de profesionales.

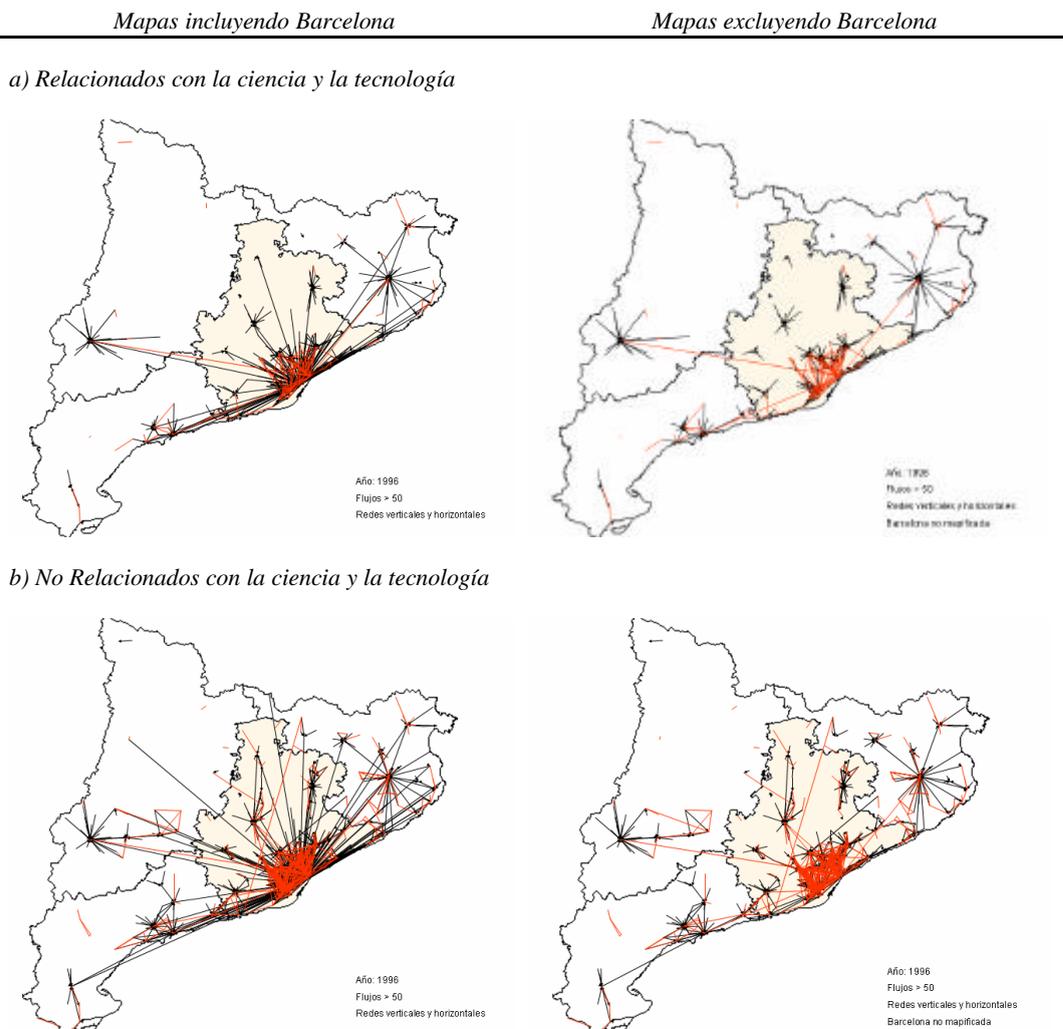
⁵⁰ Las díadas son relaciones entre pares de nodos. No se pondera si el flujo es unidireccional o bidireccional.

6.2.2. Evolución temporal

Como era de esperar, la red tiende a mostrar una evolución gradual entre los dos cortes transversales. En los STI, el radio de expansión de Barcelona apenas varía entre 1991 y 1996, y lo que se observa es la densificación de las relaciones entre los municipios del centro de la región metropolitana, y su interacción hacia las subredes de Tarragona, Lleida y Girona.

En el caso de los recursos humanos no relacionados con la ciencia y la tecnología, la densificación de la red es más aparente. De nuevo, se observa la tendencia de las redes a cerrar las puntas de los radios, a incrementar su complejidad, y a estirarse a lo largo de las infraestructuras viarias buscando la interconexión de los diversos cliques.

Figura 17. Redes y recursos humanos y su relación con la ciencia y la tecnología 1996. Flujo mínimo de 50 commuters



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

7. CONCLUSIONES

Existen diversas maneras de identificar las redes de ciudades. El resultado final depende de la información disponible y la metodología utilizada.

La identificación de redes requiere de datos de flujos, que pueden complementarse con datos de *stock*. Existe la alternativa de dinamizar los datos de *stock* (convertidos en flujos), en caso de no disponer de datos de flujos, aunque en este caso no dejan de ser una aproximación, cuyos resultados están sujetos a los datos utilizados y al método de dinamización aplicado.

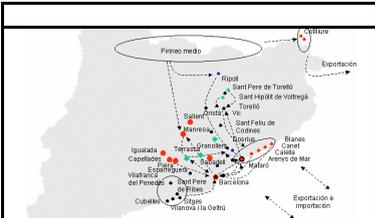
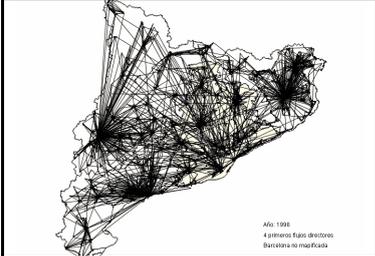
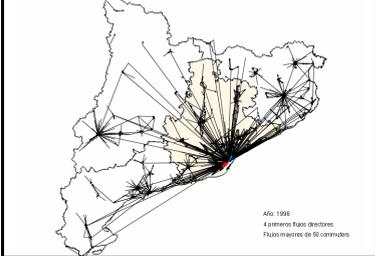
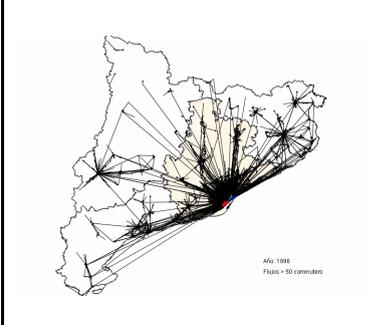
Para la identificación de las redes de ciudades en Cataluña se han utilizado métodos directos, basados en datos de movilidad laboral total, por sector y por profesión.

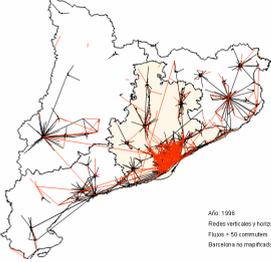
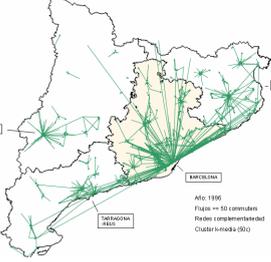
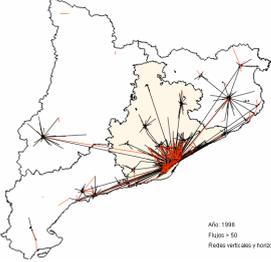
Las investigaciones realizadas por historiadores demuestran que Cataluña dispone de una red de ciudades especializadas al menos desde el siglo XVI. En la actualidad la red se ha expandido y ha incrementado en complejidad. El sistema urbano se compone de diferentes redes, formadas por flujos de interacción verticales y horizontales, y que muestran estructuras en forma de estrella, de árbol y de malla. El nodo más central de la red es Barcelona, que concentra un número importante de flujos por destino. Al margen de Barcelona, existe un conglomerado de municipios situados en el arco entre Mataró, Granollers, Sabadell, Terrassa, Martorell y Gavà, que forman una red extraordinariamente densa en el centro de la región metropolitana de Barcelona. Otra estructura fuertemente reticulada, pero menos densa, se identifica alrededor de Tarragona, Reus y Valls. 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. Las diferentes subredes tienden a conectarse para formar un único sistema urbano por dos vías diferentes: 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.

Se han aplicado diferentes criterios para identificar la estructura principal de la red de ciudades, en la que los flujos de interacción son más importantes. Los municipios que componen la estructura principal de la red son centros con una estructura sectorial diversificada (elevado índice de diversidad, y elevado número de sectores). Al mismo tiempo, algunos de los nodos poseen especializaciones sectoriales importantes, como es el caso de Barcelona, Mataró, Sabadell, Terrassa, Igualada y Vic (antiguos centros industriales), y de otros como Tarragona, Vilanova y la Geltrú, L'Hospitalet de Llobregat, El Prat de Llobregat, Barberà del Vallès, Cerdanyola del Vallès, Martorell, Martorelles, Sant Cugat, y Santa Perpètua de Mogodà. Algunas de estas ciudades ya aparecían como nodos especializados desde el siglo XVI.

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.

Tabla 19. Resumen de resultados

	Método	Datos	Resultados
	Histórico: redes de ciudades especializadas a partir de la reconstrucción de registros históricos	Registros históricos (García Espuche 1998)	Sistema de ciudades con nodos especializados en Cataluña en los siglos XVI y XVII
	Flujos directores: 4 primeros flujos por origen y destino	Movilidad laboral Años 1986, 1991 y 1996	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estructura del sistema urbano de Cataluña 2. Barcelona es el centro principal del sistema 3. Existe una malla densa de relaciones en el territorio
	Flujos directores: 4 primeros flujos por origen y destino y filtros de significatividad a partir de 50 y 100 commuters	Movilidad laboral Años 1986, 1991 y 1996	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estructura principal de la red de ciudades de Cataluña. 2. Barcelona es el centro principal del sistema 3. Se distinguen con claridad algunas subredes locales
	Flujos significativos: filtros de significatividad a partir de 50 y 100 commuters	Movilidad laboral Años 1986, 1991 y 1996	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estructura principal de la red de ciudades de Cataluña. 2. Barcelona es el centro principal del sistema 3. La red central de la región metropolitana de Barcelona es especialmente densa 4. Otras estructura reticuladas en Tarragona, y en estrella

			y árbol en Lleida, Girona, Igualda, Manresa, Vic, Berga y Vilafranca.
	<p>Redes verticales y horizontales: a) 4 primeros flujos por origen y destino y filtros de significatividad a partir de 50 y 100 <i>commuters</i>; b) filtros de significatividad a partir de 50 y 100 <i>commuters</i></p>	<p>1. Movilidad laboral 2. Población por municipio</p> <p>Años 1986, 1991 y 1996</p>	<p>1. Estructura de la red diferenciado las jerarquías de las heterarquías 2. Barcelona es el principal centro jerárquico 3. Coexistencia de estructuras verticales y horizontales</p>
	<p>Redes de sinergia y complementariedad: Se obtienen los perfiles de la estructura ocupacional del municipio a partir de un análisis cluster <i>k-medias</i>. Los perfiles se proyectan sobre la estructura de red para inferir sinergia y complementariedad.</p>	<p>1. Movilidad laboral 2. Ocupación por sectores</p>	<p>1. Redes de sinergia y redes de complementariedad en estructuras verticales y horizontales 2. La sinergia predomina en el núcleo central de la región metropolitana de Barcelona.</p>
	<p>Redes de conocimiento: redes totales, y redes verticales y horizontales distinguiendo en dos macrosectores según la relación con la ciencia y la tecnología, a partir de la adaptación de las clasificaciones de la OCDE 2001</p>	<p>1. Movilidad laboral por sectores y profesiones 2. Ocupación por sectores y profesiones</p> <p>Años 1991 y 1996</p>	<p>1. Aproximación a la dinámica territorial de transmisión de conocimiento a partir de redes informales 2. La red de conocimiento bajo es más densa 3. Existencia de estructuras verticales y horizontales</p>

CAPÍTULO 6. METODOLOGÍAS DE MEDICIÓN DE LAS ECONOMÍAS DE RED

0. INTRODUCCIÓN

En el capítulo 2 se ha expuesto la hipótesis de que los agentes localizados en las ciudades (municipios) se benefician de dos tipos de economías externas, definidas en función del ámbito territorial de la interacción: las economías externas de concentración (Hoover 1937; Camagni 1992) y las economías externas de red (Camagni y Salone 1993; Batten 1995; Capello 2000)¹. Las economías de concentración se generan en el interior de la propia unidad urbana, mientras que las economías de red se generan de la interacción entre las unidades urbanas de la red de ciudades.

En este capítulo se diseñan y explican los procedimientos que permiten la medición de las economías externas de red, conjuntamente con las de concentración. En primer lugar se revisan los trabajos dedicados a la medida de las economías de red. En segundo lugar se revisan las diferentes aproximaciones a la medida de las economías externas. Finalmente, se proponen dos modelos para la medida conjunta de las economías de concentración y red.

¹ HOOVER, EDGAR M. (1937): Location theory and the shoe and leather industries. Harvard University Press.

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

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.

BATTEN, DAVID (1995): "Network Cities: Creative Urban Agglomerations for the 21th Century", *Urban Studies*, vol.32, n°2, p.313-237.

CAPELLO, ROBERTA (2000): "The new city network paradigm: measuring urban network externalities", *Urban Studies*, vol.37, n° 11, p.1925-1945.

1. UNA REVISIÓN DE LOS PRIMEROS TRABAJOS EN LA MEDICIÓN DE LAS ECONOMÍAS DE RED EN REDES DE CIUDADES

La medición de efectos externos entre unidades diferentes es un fenómeno aún poco estudiado. La validación empírica de la existencia de externalidades entre economías se aborda en Caballero y Lyons (1990 y 1992) y en Burnside (1996)². Posiblemente ha sido la literatura sobre *spillovers* de innovación y conocimiento la que más esfuerzos ha dedicado al tema, en trabajos como los de Anselin, Varga y Acs (1997) o Paci y Usai (2000)³. Desde el punto de vista de la economía regional, encontramos trabajos como los de Moreno et al. (2000) y Baumont et al. (2002)⁴.

Sin embargo, solamente dos trabajos han abordado hasta ahora la medida de las externalidades de red.

El primero es el de **Capello (2000)**⁵, en el que se intenta proporcionar una medida cuantitativa de las ventajas del comportamiento en red en los sistemas territoriales. La red de ciudades es una red de cooperación, la *Healty City Network*, de la *World Healt Organisation* (WHO), formada por 36 ciudades. Los datos se obtienen a partir de encuestas, que sirven para construir indicadores complejos alrededor de las características estructurales de las ciudades; de objetivos y pactos; de iniciativas, proyectos y acciones lanzados gracias a la red; y de proyectos específicos en la red. El efecto de red se intenta recoger mediante un indicador de conectividad y un indicador de intensidad de uso de la red. La hipótesis que se contrasta es que el éxito de las políticas implementadas gracias a la red (y), depende del grado de conectividad (c) y de la intensidad de uso de la red (i): $y = f(c, i)$.

Los resultados se obtienen a partir de dos regresiones lineales estándar. En la primera se utiliza como única variable explicativa el grado de conectividad (c), y en la segunda se añade la intensidad de uso de la red (i). En ambos casos, el indicador de conectividad es positivo y significativo, aunque el cociente y la

² Las aproximaciones utilizadas en ambos trabajos incorporan muchos problemas. CABALLERO, R.J. and R.K. LYONS (1990): "Internal versus external economies in European Industry", *European Economic Review*, nº 34, pp.805-830 ; CABALLERO, R.J. and R.K. LYONS (1992): "External effects in US procyclical productivity", *Journal of Monetary Economics*, nº 29, pp.209-225 ; BURNSIDE, C. (1996): "Production function regression, returns to scale and externalities", *Journal of Monetary Economics*, nº 37, pp.177-201.

³ ANSELIN, L., VARGA, A. and Z. ACS (1997): "Local geographic spillovers between university research and high technology innovations", *Journal of Urban Economics*, nº 42, pp.422-448 ; PACI, RAFAELLE y STEFANO USAI (2000): "Externalities, knowledge spillovers and the spatial distribution of innovation", *GeoJournal*, vol.4.

⁴ 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 ; 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).

⁵ Op.cit.

capacidad explicativa del modelo son muy bajos. Al introducir el indicador de intensidad de uso de la red, éste es positivo y también significativo, además, el coeficiente de conectividad y la capacidad explicativa del modelo mejoran. Estos resultados confirmarían la hipótesis de que se obtienen ventajas (externalidades) de formar parte de una red⁶.

En **Trullén y Boix** (2001b)⁷ el objetivo es llevar la literatura sobre economía del conocimiento (*knowledge-based economy*) al marco de las ciudades, y relacionar la ciudad del conocimiento con la existencia de redes de ciudades. En este caso, la medición se lleva a cabo sobre una red regional de ciudades, tomando el municipio como unidad de referencia. La variable dependiente es el empleo agregado en los sectores de conocimiento alto para el año 2000 en los municipios de Cataluña, y las variables explicativas incluyen el empleo en 1991 (momento comparable en el ciclo económico), un coeficiente de tamaño de empresa (que intenta incorporar el efecto de las economías de escala internas a la empresa), un coeficiente de especialización, y variables de red. Estas variables de red son indicadores de grado de entrada (número de relaciones de red del municipio), e intentan aproximar la pertenencia de cada municipio a redes de ciudades verticales y horizontales. Los resultados muestran como ambas variables de red son significativas en el comportamiento del empleo en los sectores de conocimiento alto, especialmente en el caso de municipios medianos y pequeños.

Ambos trabajos se diferencian en la naturaleza de los datos, las variables de las ecuaciones, y que mientras en Capello (2000) se utiliza una red de cooperación, en Trullén y Boix (2001b) se utiliza una red regional de ciudades. Sin embargo, la aproximación general de los mismos es muy parecida, puesto que la externalidad de red depende de variables que recaen sobre la propia unidad urbana: conectividad e intensidad de uso. Además, los resultados son criticables en la medida en que los procedimientos de estimación utilizados no consideran ningún tipo de dependencia entre las unidades urbanas, lo que puede producir resultados inconsistentes, sesgados, o ineficientes, dependiendo del caso.

Como veremos a continuación, en el presente trabajo se parte de modelos típicos de medida de la externalidad en economía urbana. Sin embargo, a diferencia de los trabajos anteriores, se utilizará una aproximación de econometría espacial para modelizar el efecto de red como un *spillover* procedente del resto de municipios de la red. Esta aproximación también propiciará que utilizando las técnicas de estimación adecuadas, los resultados de los modelos estimados sean consistentes, insesgados y eficientes.

⁶ A pesar de todo, la capacidad explicativa del modelo continúa siendo baja, por la omisión de otras variables relevantes, y existe la posibilidad de que al incluir otras variables, el signo o la significatividad de los coeficientes de red varíe.

⁷ 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.

2. LA MEDICIÓN DE LAS ECONOMÍAS DE CONCENTRACIÓN

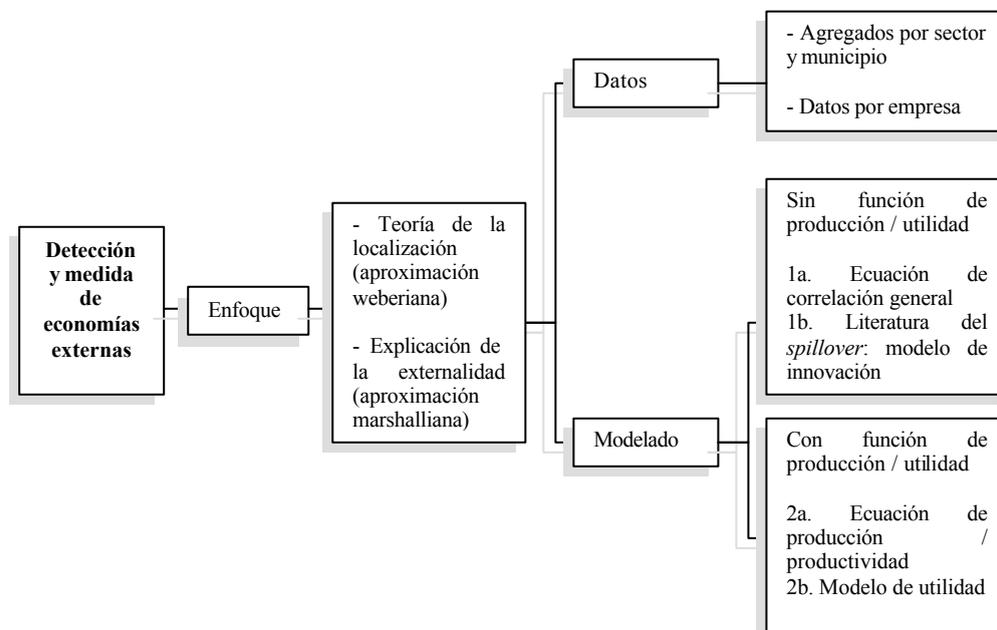
Habitualmente, la medida de economías externas se realiza utilizando dos tipos de datos y dos tipos de aproximaciones.

Los **datos** pueden ser datos agregados por sector y municipio, o datos de empresa. Las variables, el modelado y los resultados finales dependen, en cada caso, de la disponibilidad de información.

Respecto al **modelado**, el **primer** tipo de aproximación se basa en correlacionar una variable representativa del crecimiento o desarrollo de la ciudad (municipio) con otra serie de variables explicativas de este crecimiento. Una variación de estos enfoques la utiliza la literatura sobre *spillovers* para explicar el comportamiento innovador, y también parte de la literatura sobre policentrismo.

El **segundo** tipo de aproximación parte de un modelo teórico de base económica, usualmente especificado a partir de una función de producción, que tiene como objetivo estimar los determinantes de los diferenciales espaciales de productividad. Este modelo suele ser modificado para minimizar en lo posible los requerimientos de información. La aproximación empírica de todos los enfoques es básicamente la misma: partiendo de algún tipo de función relacionada con el crecimiento urbano, se incluyen en una regresión econométrica coeficientes que recogen los efectos de diferentes economías externas.

Figura 1. Aproximación a la detección y medida de economías externas



2.1. Regresiones de correlación

Bajo el nombre de regresiones de correlación englobamos aquellas aproximaciones que intentan relacionar las economías internas y externas con alguna variable relacionada con el crecimiento o desarrollo urbano. Se trata de la aproximación más simple, puesto que no utiliza medidas de eficiencia o productividad, y en muchos casos ni siquiera un modelo teórico definido. Las variables dependientes utilizadas suelen ser la población o la ocupación, explicadas por un conjunto de regresores entre los que suelen incluirse variables históricas y coeficientes que se relacionen con las economías externas. Un ejemplo de esta aproximación lo encontramos en Combes (2000a)⁸, donde se utiliza como variable dependiente el diferencial de la ratio de variación del empleo de cada sector- ciudad respecto a la ratio de variación nacional. Posteriormente, Combes justifica la inclusión de cada variable en relación con su importancia en los mecanismos de aglomeración (*spillovers* de información y fuerzas basadas en el mercado).

Las ecuaciones pueden estimarse como relaciones a corto plazo, si la variable dependiente se expresa en tasas de crecimiento:

$$\frac{Y_t}{Y_{t-1}} = \mathbf{b}_0 + \mathbf{b}_1 Y_{t-1} + \mathbf{b}_2 X_t + \mathbf{b}_3 X_{t-1} + \mathbf{b}_4 EXT_t + B_5 EXT_{t-1} \quad [1]$$

, o como relaciones estructurales, cuando la variable dependiente no está expresada en variaciones o tasas de crecimiento:

$$Y_t = \mathbf{b}_0 + \mathbf{b}_1 Y_{t-1} + \mathbf{b}_2 X_t + \mathbf{b}_3 X_{t-1} + \mathbf{b}_4 EXT_t + B_5 EXT_{t-1} \quad [2]$$

A su vez, las variables explicativas pueden referirse al año inicial, al año final, o expresarse como variaciones temporales.

La principal ventaja de las regresiones de correlación es la sencillez de especificación, puesto que el objetivo principal es establecer una relación entre la variable dependiente y las explicativas, y no precisan un modelo teórico muy definido. A pesar de que los resultados deben interpretarse con extrema prudencia, resultan de utilidad como primera aproximación al fenómeno de estudio. En otras ocasiones, la falta de datos las hace la única aproximación posible.

2.2. Economías externas y *spillovers* de conocimiento mediante el uso de funciones de producción de innovaciones y funciones de producción

La literatura del *spillover* estudia la producción y difusión de innovaciones en el territorio. Una parte de esta literatura defiende que los *spillovers* se transmiten en

⁸ COMBES, Pierre-Philippe (2000a): "Economic structure and local growth: France 1984-1993", *Journal of Urban Economics*, N° 47, p.329-355.

ámbitos locales, mientras que otra corriente defiende que su radio de alcance es más amplio⁹.

Los trabajos empíricos suelen basarse en la estimación de una función de producción de innovaciones, aunque también existe el recurso a funciones de producción estándar¹⁰. Como variables dependientes suelen utilizarse las patentes o el número de innovaciones, aunque también es posible utilizar el empleo en sectores innovadores.

2.3. Estimación de economías internas y externas usando datos agregados ciudad-sector y funciones de producción

En los años 1970's comienzan a elaborarse trabajos empíricos que tienen como objetivo la medida de las externalidades urbanas sobre la base de funciones de producción de tipo neoclásico. Estos trabajos pueden seguirse en los *surveys* de Moomaw (1983, 1988)¹¹, y en Sáez Lozano (1994)¹².

La literatura más reciente está fuertemente influida por los trabajos de Glaeser et al. (1992)¹³ y Henderson et al. (1995)¹⁴. Estos trabajos se basan en la diferenciación entre efectos temporalmente estáticos y dinámicos sobre el crecimiento urbano utilizando datos agregados sector-ciudad. Además, se caracterizan porque los efectos externos y las economías externas se producen dentro en la misma ciudad¹⁵.

La medición puede realizarse utilizando una ecuación en variaciones (Glaeser et al. 1992; Combes 2000a) o modelando el nivel de ocupación en el año final (Henderson et al. 1995).

⁹ Entre la primera corriente se encuentran los trabajos de Jaffe (1989), Acs, Audretsch y Feldman (1991), Jaffe, Trajtenberg y Henderson (1993), Audretsch et Feldman (1994), Feldman (1994), Almeida y Kogut (1997a, 1997b), y Podolny y Shepard (1998). En la segunda destacan Caballero y Lyons (1990 y 1992), Coe y Helpman (1995), Burnside (1996), Anselin, Varga y Acs (1997), Rallet y Torre (2000), Moreno et al. (2000), y Paci y Usai (2000).

¹⁰ Véase Breschi y Lissoni (2001) para una revisión crítica de los procedimientos para detectar *spillovers*, y de sus limitaciones. BRESCHI, STEFANO and FRANCESCO LISONI (2001): "Knowledge spillovers and local innovation systems: a critical survey", *Liuc Papers*, nº 84.

¹¹ 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.

¹² 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.

¹³ GLAESER, EDWARD, KALLAL, HEIDI, SCHEIKMAN, JOSÉ. y ANDREI SHLEIFER (1992): "Growth in Cities", *Journal of Political Economy*, nº 100, p.1126-1152.

¹⁴ HENDERSON, VERNON, KUNKORO, AKI and MATT TURNER (1995): "Industrial development in cities", *The Journal of Political Economy*, vol.103:5, p.1067-1090.

¹⁵ La diferencia entre "efecto externo" y "economía externa" se estableció en el capítulo 2. En este caso, el efecto externo hace referencia al punto donde se origina el impacto, y la economía externa hace referencia al punto donde se manifiesta.

Glaeser et al. (1992)¹⁶, plantean una función de crecimiento a partir de una función de demanda de trabajo, en la que dada una tecnología, el único input es el trabajo, y las externalidades se añaden como parte de la tecnología¹⁷.

Así, se supone que cada empresa en un sector y localización tiene una función de producción dependiente de la tecnología $A_t f(l_t)$, donde A_t es el nivel de tecnología en el período t (medido nominalmente), y l_t es el input trabajo en el período t . Cambios en A representan cambios en la tecnología y los precios¹⁸.

Cada empresa del sector toma como dadas la tecnología, los precios y los salarios (w_t), y se iguala el producto marginal del trabajo con su precio, que es el salario. La ecuación se linealiza tomando logaritmos, y puede expresarse en términos del crecimiento:

$$\log\left(\frac{A_{t+1}}{A_t}\right) = \log\left(\frac{W_{t+1}}{W_t}\right) - \log\left(f'\left(\frac{l_{t+1}}{l_t}\right)\right) \quad [3]$$

Se hace el supuesto de que el nivel de tecnología en un sector y localización tiene dos componentes: uno local y uno nacional, y de que éstos tienen forma aditiva: $A = A_{local} + A_{nacional}$. De esta forma, los cambios en la tecnología y el precio de los inputs dependen de un componente local y uno nacional:

$$\log\left(\frac{A_{t+1}}{A_t}\right) = \log\left(\frac{A_{local,t+1}}{A_{local,t}}\right) + \log\left(\frac{A_{nacional,t+1}}{A_{nacional,t}}\right) \quad [4]$$

El componente local de crecimiento de la tecnología (exógeno a la empresa) puede expresarse en función de las condiciones iniciales y otros recursos naturales locales, de las economías externas inmóviles, y de un término de error, que incluye el resto de factores que no hemos podido considerar:

$$\log\left(\frac{A_{t+1}}{A_t}\right)_{ciudad} = g(\text{condiciones iniciales} ; \text{economías externas}) + e_{t+1} \quad [5]$$

Combinando todos los términos, y expresándolo como una ecuación de crecimiento de la forma $f(l) = l^{-a}$, donde $0 < a < 1$, se obtiene:

$$a \log\left(\frac{l_{t+1}}{l_t}\right) = -\log\left(\frac{w_{t+1}}{w_t}\right) + \log\left(\frac{A_{nacional,t+1}}{A_{nacional,t}}\right) + g(\cdot) + e_{t+1} \quad [6]$$

¹⁶ Op.cit.

¹⁷ El enfoque permite estimar una función de crecimiento sin necesitar datos de capital. Sin embargo, como reconocen los autores (Glaeser et al. 1992, p.1123), esta función no les permite capturar las innovaciones tecnológicas que ahorran trabajo, ni tampoco aquellas derivadas de la acumulación de capital físico.

¹⁸ Incluye de esta manera la posibilidad de economías externas tecnológicas y pecuniarias, aunque solo las derivadas del mercado de trabajo.

Henderson et al. (1995)¹⁹ llegan a una especificación muy parecida, aunque separan el precio de los inputs $P_{it}(\cdot)$ de la tecnología $A_{it}(\cdot)$. En este caso, $P_{it}(\cdot)$ es función del número de trabajadores en el sector-ciudad, y de las características de la región MC_{it} . Al final se llega a una función del tipo $l_{it} = l(W_{it}, MC_{it}, I_{i0}, Economías\ externas)$. Esta función explica la ocupación en el año final en función de las condiciones históricas y las economías externas

Al expresar la variable dependiente en tasas de variación se modelizan los determinantes de la variación. En Henderson et al. (1995) se utiliza como variable dependiente la ocupación en el año final, modelada en función del año inicial y las economías externas. Expresada en función del crecimiento, adopta una forma reducida muy similar a la de Glaeser et al. (1992).

2.4. Estimación de economías internas y externas con información a nivel de empresa y planta usando funciones de producción

Estos modelos son una ampliación de los anteriores, utilizando datos desagregados a nivel de empresa, lo que permite afinar más en la medición de las economías internas y externas. Estos datos añaden una dimensión adicional (empresa) a las citadas en epígrafes anteriores: unidad urbana, sector/actividad, tiempo. Esto permite, entre otras cosas, separar comportamientos específicos de algunas empresas, que de otra forma podrían ser imputados a la existencia de efectos externos positivos o negativos, y construir índices específicos no factibles con datos agregados. Los datos a nivel de empresa o planta pueden complementarse con datos a nivel de ciudad para recoger factores como las infraestructuras. Mediante el uso de funciones de producción, el modelado econométrico se realiza utilizando la empresa como unidad de observación, mejorando la medida de los factores de producción internos, y procurando una medida más exacta de las economías externas.

Lall et al. (2001, p.9)²⁰ citan las ventajas de utilizar datos desagregados a nivel de planta:

- a) Los datos a nivel de ciudad introducen problemas de agregación, sesgando al alza los parámetros de los indicadores de economías de aglomeración;
- b) El uso de datos agregados asume homogeneidad en la producción y el *mix* de factores. Estos supuestos introducen problemas cuando la distribución de subsectores que componen un sector o la distribución de tamaños de las empresas (plantas) es heterogénea.

¹⁹ Op.cit.

²⁰ LALL, SOMIK; SHALIZI, ZMARAK and UWE DEICHMAN (2001): "Agglomeration economies and productivity in Indian industry", *The World Bank*, august 2001.

Los datos de empresa presentan un problema de imputación cuando la empresa es multiplanta (multiestablecimiento), y los datos se refieren a la sede. Esto significa que si una empresa tiene dos plantas, cada una en un municipio distinto, los datos a nivel de empresa recogerán toda la producción en la planta que figure como sede, y por tanto, en un único municipio. El problema de imputación puede agravarse si además la sede no tiene ninguna función productiva. Las empresas multiplanta suelen ser grandes empresas, aunque también encontramos estas estructuras en pequeñas y medianas empresas. Por este motivo, suelen preferirse datos a nivel de planta (establecimiento) frente a los datos a nivel de empresa. Sin embargo, en la mayoría de casos los datos se presentarán, con mucho, desagregados a nivel de empresa²¹.

2.5. Inclusión de factores internos a la empresa

Uno de los inconvenientes de las ecuaciones de Glaeser y Henderson es que no incorporan los efectos a nivel de empresa. Al maximizar la ecuación de convergencia se ha supuesto que la empresa toma la tecnología y los precios como exógenos. Esta condición se aproxima al funcionamiento de un mercado competitivo, puesto que iguala el coste marginal del factor a su precio.

Sin embargo, podemos suponer que la forma en que los factores externos afectan a la empresa es función del tamaño de la misma. De esta manera se introduce un vector de características de la empresa $i(\cdot)$, puesto que, aunque el progreso técnico y los precios sean exógenos, cada empresa muestra una curva de costes diferentes, en función de características como la escala de producción o el número de productos producidos²².

Como en Combes (2000a)²³, el modelo propuesto toma la forma:

$$\mathbf{a} \log \left(\frac{l_{t+1}}{l_t} \right) = -\log \left(\frac{W_{t+1}}{W_t} \right) + \log \left(\frac{A_{nacional,t+1}}{A_{nacional,t}} \right) + i(\cdot) + g(\cdot) + e_{t+1} \quad [7]$$

, donde l es la ocupación, W es el salario, A la tecnología, i son las características de las empresas, g son las economías externas de concentración, y e el error.

²¹ Aunque con frecuencia se utiliza el término planta o establecimiento, las investigaciones realizadas para los Estados Unidos suelen recoger datos a nivel de empresa, y no de planta, debido a que son los únicos disponibles. En estos estudios se documentan además los problemas de disponibilidad de información sobre pequeñas empresas, lo que provoca problemas de sesgos en los datos, y en algunos casos requiere el uso de técnicas econométricas específicas para minimizar el impacto de los sesgos de datos sobre las estimaciones.

²² Este vector podría recoger también efectos del factor capital asociados al tamaño de la empresa.

²³ Op.cit.

2.6. Inclusión o exclusión del salario

En relación con el salario y la existencia de ventajas diferenciales, la especificación de Glaeser et al. supone que el salario no está recogiendo efectos diferenciales entre empresas ni entre ciudades²⁴. Pero el mismo trabajo encuentra evidencia de que el salario puede estar recogiendo el efecto de economías externas a la empresa y de factores internos a la ciudad. En este caso, en los resultados de la forma funcional especificada, el salario puede estar internalizando parte de las economías externas.

Podemos considerar que, cuando los datos reales no cumplen que $w_{\gamma} = CmgL$, el salario tiene dos componentes, uno que refleja el precio del trabajo cuando $p = Cmg$, que en un ámbito regional debe ser igual para todas las localizaciones; y otro componente que es una prima (positiva o negativa) que depende de la existencia de economías externas, entonces, diferenciales en el crecimiento de los salarios entre localizaciones diferentes estarían recogiendo el efecto de las economías externas a la empresa (z), que en el planteamiento de Glaeser et al. pertenece a $g(\cdot)$:

$$w_{real,j} = w_{q,j} + z \quad \forall z \in g(\cdot) \quad [8]$$

Bajo estas condiciones, al incluir el salario como variable en la estimación podemos estar infravalorando el efecto de las economías externas, puesto que si $z \neq f$, entonces $g_{real}(\cdot) = g(\cdot) - z$. Bajo el supuesto aceptable de que el incremento de w_{γ} es idéntico en todas las localizaciones, $\log\left(\frac{w_{t+1}}{w_t}\right)_1 = \log\left(\frac{w_{t+1}}{w_t}\right)_2 = \dots = \log\left(\frac{w_{t+1}}{w_t}\right)_n$, donde 1,2,..n son las diferentes localizaciones, y que las diferencias en los incrementos salariales son debidas a las externalidades, podemos eliminar el salario de la ecuación, como en Combes (2000)²⁵.

3. LA MEDICIÓN DE LAS ECONOMÍAS DE RED

Las ecuaciones de Glaeser et al. (1992) y Henderson et al. (1995) pueden ser modificadas para recoger los efectos de las economías de red. Este marco permite modelar conjuntamente las economías de concentración y de red.

²⁴ En cambio, sí que se expone claramente esta posibilidad, y se modela posteriormente el salario, que parece recoger el efecto de algunas economías externas.

²⁵ Op.cit. Este supuesto es bastante plausible, puesto que los mecanismos de fijación de salarios tienen un fuerte componente que depende de los convenios nacionales y regionales.

En estas ecuaciones, el crecimiento que es función de la red de ciudades puede expresarse en función de los mismos factores que los internos al municipio, solo que esta vez referidos al resto de municipios de la red. De esta manera, la tecnología puede modelarse no sólo en función de los factores locales y nacionales, sino también de los que se encuentran localizados en otros municipios de la red:

$$\mathbf{a} \log \left(\frac{I_{t+1}}{I_t} \right) = -\log \left(\frac{W_{t+1}}{W_t} \right) + \log \left(\frac{A_{nacional,t+1}}{A_{nacional,t}} \right) + i(\cdot) + g(\cdot) + r(\cdot) + e_{t+1} \quad [9]$$

3.1. Especificación de un modelo en variaciones

Los efectos de red pueden especificarse siguiendo los modelos de **econometría espacial**. De hecho, esta perspectiva la ha utilizado la literatura sobre spillovers espaciales, y en los últimos años es posible encontrarlo en algunos trabajos de economía del crecimiento (por ejemplo en Baumont et al. 2002).

El crecimiento de un municipio i puede verse afectado por el crecimiento de los municipios de su red de ciudades, lo que se expresaría como el retardo espacial en la variable dependiente (Wy), y por otras características de los municipios de la red, en la forma de retardos espaciales de las variables explicativas (WX).

Baumont et al. (2002)²⁶ sugieren explorar la existencia de spillovers sobre el crecimiento utilizando un *modelo de retardo espacial* (retardo espacial de la variable endógena): o un *modelo cruzado-regresivo* (retardo espacial de las variables explicativas):

$$\begin{aligned} \text{Modelo de retardo espacial} \quad & y = \mathbf{r}Wy + \mathbf{b}X + u \\ & u \sim N(0, \mathbf{s}^2 I) \end{aligned} \quad [10]$$

$$\begin{aligned} \text{Modelo cruzado-regresivo} \quad & y = \mathbf{b}X + \mathbf{g}WX + u \\ & u \sim N(0, \mathbf{s}^2 I) \end{aligned} \quad [11]$$

Una tercera opción es combinar ambos en un modelo mixto regresivo-regresivo espacial, que incluya los efectos de la variable dependiente (crecimiento) y de las variables explicativas de los municipios de la red sobre el municipio de referencia²⁷. Esta especificación permite incluir los efectos de las economías de concentración y de red. La forma estructural del modelo es:

²⁶ 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).

²⁷ Esta formulación es equivalente a una especificación sobreparametrizada del modelo de Durbin espacial (Kelejian y Prucha 1997 p.106; Le Sage 1999 p.82-87, y 2002 p.7-9). La especificación de

$$y = \rho W y + X \beta + W X g + u$$

$$u \sim N(0, \sigma^2 I)$$
[12]

, donde y es un vector de $n \times 1$ variables dependientes; ρ es el coeficiente del retardo espacial sobre la variable dependiente; W es la matriz de contactos espaciales, procedente de una matriz binaria simétrica, y normalizada por fila ($w_{ij} = 1/N$, donde N es el número de elementos 1 de la fila); X es una matriz de variables explicativas de dimensión $n \times k$ asociada al vector de parámetros β ; WX es otra matriz ($n \times k$) de variables explicativas espacialmente rezagada, procedente de multiplicar $W * X$, g es el vector de parámetros asociado; WX son variables explicativas construidas como medias de las observaciones de los municipios de la red, y por tanto ρ mide el impacto marginal de las variables explicativas de los municipios de la red sobre el crecimiento de la ocupación en el municipio i .

Respecto a la longitud de los efectos de red incorporados, éstos siguen una estructura global. Esto se debe a que en su forma reducida, incorporan una estructura del tipo $(I - \rho W)^{-1}$ que actúa como multiplicador. Como habitualmente $|\rho| < 1$ y $w_{ij} < 1$, el impacto es mayor en los municipios con los que se tiene una relación de red directa, y va decreciendo en intensidad conforme incrementa la distancia de red, hasta que al final será prácticamente cero²⁸:

$$[I - \rho W]^{-1} = I + \rho W + \rho^2 W^2 + \dots$$
[13]

Siguiendo a Anselin (2001)²⁹ y Le Sage (2002)³⁰, al especificar la forma reducida del modelo, puede comprobarse como el multiplicador afecta a los tres términos de la ecuación:

Kelejian-Prucha y Le Sage se corresponde con el modelo Durbin espacial de Anselin (1988, p.110-111) si se incluye la restricción de que $\rho = -\beta$.

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*, nº 20, 1 & 2, p.103-111.

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

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

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

²⁸ La ecuación es una expansión de Leontief, y es cierta cuando $|\rho| < 1$ y $w_{ij} < 1$. De esta manera, la estructura completa de la matriz de covarianzas sigue el producto de la matriz con su transpuesta, y produce una suma de términos que contienen potencias de W multiplicadas por potencias de ρ (Anselin 2001, p. 3 y 4).

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).

²⁹ Op.cit.

³⁰ LE SAGE, JAMES P. (2002): *Lecture Notes from a short-course on Spatial Econometrics*. University of Toledo.

$$y = (I - rW)^{-1} Xb + (I - rW)^{-1} WXg + (I - rW)^{-1} u \quad [14]$$

Tabla 1. La matriz de contactos W

La matriz de contactos W permite introducir un rezago espacial en las variables dependientes o explicativas. Esto se consigue multiplicando la variable por la matriz W , donde los elementos w_{ij} indican si existe relación (y su intensidad) entre cada par de municipios.

La matriz utilizada en este caso es binaria y simétrica, donde un valor uno indica que existe una relación directa de red, y cero que no. La matriz se normaliza por fila, de manera que cada elemento es el impacto relativo de cada municipio j sobre el municipio de referencia i ($w_{ij}(z) = W_{ij} / \sum_j W_{ij}$). Los elementos de la diagonal principal son cero, porque el efecto de cada municipio sobre sí mismo es recogido por las variables de economías de concentración.

Matriz de contactos W

$$W = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Matriz de contactos W normalizada por fila

$$W = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0,5 & 0 & 0,5 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

3.2. Especificación de un modelo en niveles

Como en Henderson et al. (1995)³¹, podemos utilizar una ecuación en niveles, donde lo que se explica no es el crecimiento de la ocupación, sino el nivel de ocupación en el municipio en función de las variables explicativas en el año base.

$$y = y_{t-1} + rWy_{t-1} + Xb + WXg + e \quad [15]$$

$$e \sim N(0, s^2 I)$$

, donde de nuevo y es un vector de $n \times 1$ variables dependientes; r es el coeficiente del retardo espacial sobre la variable dependiente; W es la matriz de contactos espaciales; X es una matriz de variables explicativas de dimensión $n \times k$ asociada al vector de parámetros β ; WX es una matriz ($n \times k$) de variables explicativas espacialmente rezagada; e es el vector de parámetros asociado; t indica el período temporal.

Al incluir un rezago temporal (y_{t-1}) y otro espacio-temporal (Wy_{t-1}) de la variable dependiente, el modelo es tiempo-espacio recursivo, y la estructura de los términos de error puede incluir una dimensión espacial y otra temporal.

³¹ Op.cit.

Para evitar cuestiones de endogeneidad, puede sustituirse la variable dependiente temporalmente desfasada de modelo de Henderson et al. (ocupación en el año inicial) por otra variable exógena similar que exprese los niveles iniciales (por ejemplo el número de empresas en el año inicial), puesto que en realidad no es necesario utilizar la endógena desfasada. De esta manera, la *proxy* recoge también un efecto puramente local.

3.3. Otras especificaciones: modelos de error, modelos de panel espacial y modelos espacio-tiempo

En las ecuaciones anteriores (10, 11, 12 y 15) hemos supuesto que los residuos se distribuían siguiendo una normal $(0, s^2 I)$. Sin embargo, esto no tiene por qué cumplirse cuando se trabaja con datos espaciales. Una formulación alternativa de los dos modelos anteriores se produce cuando además de un efecto espacial de externalidad los residuos están espacialmente correlacionados (existe correlación individual entre los municipios de la muestra). En este caso, la perturbación debe modelarse de forma diferente, incluyendo una perturbación espacialmente autorregresiva SAR ($e = IWe + u$) o un proceso espacial de medias móviles SMA ($e = qWu + u$).

Los modelos anteriores son modelos espaciales unidimensionales. Por tanto, si la estimación se lleva a cabo para varios sectores, cada sector se tendrá que estimar por separado. Esta opción se ha utilizado por simplicidad, puesto que en estas primeras fases de la investigación un modelo más simple otorga mayor control sobre las estimaciones y el análisis de los resultados.

En posteriores ampliaciones existe la posibilidad de incorporar estructuras de panel espacio-sectorial o espacio-temporal. En presencia de autocorrelación espacial, las formulaciones estándar de los modelos de panel y los modelos de componentes de error no resultan válidas (Anselin 1988, p.137-168; Moreno y Vayá (2000, p.112-119). Por lo tanto, para el uso de estas formas debe tenerse en cuenta la correcta especificación del modelo³².

³² Se añade la dificultad de la falta de software comercial para la estimación de modelos espaciales de panel.

4. CONCLUSIONES

La medición de las economías de red plantea un problema diferente del de la identificación de las redes de ciudades

Existen diferentes formas intentar de medir estas economías de red. En el capítulo 2 se ha explicado que las economías de red coexisten con las economías de concentración (economías internas a la empresa y economías externas a la empresa pero internas a la unidad urbana). Por tanto, parece más adecuado medir ambos tipos de economías conjuntamente que medir aisladamente las economías de red.

Se ha diseñado un marco analítico que permite medir conjuntamente economías de empresa, economías externas a la empresa e internas a la unidad urbana, y economías de red derivadas de las redes de ciudades. Las principales ventajas de este marco son que permite comparar el impacto de una variable en concentración y en red, y su facilidad de comparación con los trabajos clásicos de medición de economías de aglomeración.

A partir de las diversas aproximaciones posibles, se ha seleccionado una que permite la medida con datos sector-ciudad. La elección se basa en que estos datos son los que están disponibles con mayor frecuencia. El modelo también permite el uso de datos por empresa-sector-municipio.

Se proponen dos modelos, uno que mide las externalidades sobre una especificación del crecimiento en variaciones, y el otro que lo haga sobre un modelo de crecimiento en niveles. Estos modelos se basan en las discusiones teóricas del capítulo 2.

CAPITULO 7 – LA MEDICIÓN DE LAS ECONOMÍAS DE RED EN CATALUÑA

0. INTRODUCCIÓN

A partir de las propuestas teóricas sobre redes de ciudades y externalidades de red desarrolladas en los capítulos 1 y 2, se han diseñado metodologías para identificar las redes de ciudades (capítulo 4) y medir la externalidad de red (capítulo 6). En el capítulo 5 se ha identificado las redes de ciudades sobre el caso de estudio empírico de un ámbito regional (Cataluña). El objetivo de este capítulo es la medición de las economías de concentración y de red en los municipios de Cataluña.

Los trabajos aplicados, centrados en economías de concentración, suelen denominar a las economías externas relacionadas con el crecimiento urbano como economías de localización y urbanización (Moomaw 1983, 1988 y 1998)¹. A partir del trabajo de Glaeser et. al (1992)² se han popularizado también los términos de externalidades MAR, Jacobs y Porter, como externalidades temporalmente dinámicas. Cuando los coeficientes son significativos se concluye que existen externalidades del tipo medido, y en caso de que alguna de las categorías no sea significativa o el signo de su impacto no sea el esperado, se busca una explicación al respecto. Sin embargo, dentro de cada categoría de economías externas existen multitud de factores que las originan³, algunos correlacionados, otros independientes. Además, como se deduce del capítulo 2, las categorías teóricas comúnmente aceptadas por la literatura están diseñadas para un marco espacial estático, y ofrecen una capacidad explicativa limitada en un marco espacial dinámico.

¹ 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.

² GLAESER, EDWARD, KALLAL, HEIDI, SCHEIKMAN, JOSÉ. y ANDREI SHLEIFER (1992): "Growth in Cities", *Journal of Political Economy*, nº 100, p.1126-1152.

³ Véase Camagni (1992, p.55-60) para una enumeración detallada. CAMAGNI, ROBERTO (1992): *Economía urbana. Principi e modelli teorici*. La Nuova Italia Scientifica, Roma.

El enfoque de la presente investigación es crítico con la capacidad real de generalizar los coeficientes incluidos usualmente en las estimaciones, y parte de la base de que un coeficiente de especialización es capaz de aproximar especialización, pero no el resto de factores generadores de externalidades en la categoría “economías de localización”. De la misma forma, un coeficiente de diversidad no capta economías de urbanización, sino diversidad, que en todo caso son una parte de estas economías de urbanización. La medida correcta de las categorías mayores requiere de una cantidad y calidad de información, que usualmente superan las disponibilidades de datos del investigador. El tipo de ecuaciones y variables utilizados en las estimaciones se dirige principalmente al contraste de la existencia de economías de concentración y de red, por lo que solo se incorporan aquellos indicadores más comunes en la literatura sobre externalidades urbanas.

Otra diferencia respecto a la mayoría de estudios, especialmente los centrados en Estados Unidos, es que la unidad de análisis no son las áreas metropolitanas de un país extenso, sino las ciudades (municipios) de un ámbito geográfico regional. Por lo tanto, los diferenciales de crecimiento, productividad, etc., se obtienen sobre la media del ámbito de estudio, y las implicaciones de los resultados no deberían generalizarse a otros ámbitos sin asegurarse previamente de las limitaciones de la medición⁴. Por el contrario, como cita Moomaw (1983, p.2)⁵, los estudios basados en amplios agregados territoriales tienen el inconveniente de que enmascaran las diferencias intrarregionales⁶.

La naturaleza de los datos hace que su tratamiento requiera el uso de metodologías específicas para evitar la aparición de problemas que invaliden los resultados de la estimación. Esta especificidad se detallará más adelante, y se relaciona básicamente con la fuerte heterogeneidad de los valores, causada por la diferencia de tamaños de los municipios, y la existencia de interrelaciones espaciales entre las unidades urbanas de análisis, lo que exigirá un tratamiento específico aplicando técnicas de estimación adecuadas.

⁴ Un ejemplo puede ser ilustrador: supongamos que la variable diversidad ha resultado no ser significativa. Esto implica que, para los municipios de Cataluña, no existe un efecto diferencial de la diversidad sobre la media que afecte al crecimiento. Sin embargo, si el ámbito de estudio fuesen las ciudades de toda Europa, tal vez encontremos que la diversidad es positiva y significativa, y con un coeficiente elevado. ¿Qué ha pasado? Las ciudades de Cataluña tenían una estructura productiva fuertemente diversificada, de manera que, al medir el diferencial de crecimiento entre ellas, la variable no ha sido importante. Sin embargo, la mayoría de ciudades europeas no tenían una estructura urbana tan diversificada, y en este caso, la diversidad ha resultado ser importante para explicar el diferencial de crecimiento de las ciudades europeas. La conclusión es que podíamos haber descartado una variable que en realidad era importante.

⁵ Op.cit.

⁶ Esta limitación ha sido comentada en los trabajos realizados en España tomando como unidad de análisis las provincias, como por ejemplo los de Callejón y Costa (1995, 1996a y 1996b), y los de De Lucio et al. (1996 y 1998) y De Lucio (2001).

1. DATOS, AGREGACIÓN SECTORIAL Y MATRICES DE CONTACTOS

De los dos modelos presentados en el capítulo 6 (modelo en variaciones y modelo en niveles) se utilizará el modelo en variaciones, más utilizado en la literatura de crecimiento, y que explica la variación de la ocupación en función de las variables explicativas en el año base. El modelo en niveles explica mejor el nivel de ocupación que su variación, y la mayoría del ajuste recae sobre el retardo temporal de la variable dependiente. El modelo en variaciones está más libre de esta característica, aunque suele ofrecer menores ajustes. A diferencia de Glaeser et al. (1992)⁷, no se utilizan solo los sectores de mayor crecimiento del municipio, sino que se estima por separado cada sector⁸.

1.1. Datos

Los datos básicos que se utilizan son: número de ocupados, número de empresas y población. La ocupación municipal, desagregada por sectores, puede obtenerse a partir de dos fuentes: Censos y Padrones (1986, 1991 y 1996), y Seguridad Social⁹. Los datos de Censos y Padrones son preferibles, puesto que se supone que recogen la ocupación realmente localizada en el sector municipio, sin embargo, también tienen dos inconvenientes: en el momento de elaborar el presente trabajo aún no están disponibles los datos del año 2001, y la desagregación sectorial de 1986 (CNAE 74, en una agregación de 24 sectores)¹⁰ no es compatible con una de las agregaciones sectoriales que se quiere utilizar (basada en la economía del conocimiento)¹¹.

Los datos de Seguridad Social provienen de los distintos regímenes del trabajo, siendo el más importante el de los afiliados al régimen general, que recoge los trabajadores asalariados, y que incluye a la mayor parte de ocupados. Estos datos tienen la ventaja de estar disponibles trimestralmente entre 1991 y 2001, y de que a pesar del cambio de clasificación sectorial a partir de 1996 (de CNAE 74 a CNAE 93¹²), están disponibles con un detalle sectorial suficiente para adaptar la clasificación de conocimiento, así como utilizar otros agregados sectoriales más comunes.

⁷ Op.cit.

⁸ Por tanto, los resultados son diferenciales respecto a la media muestral de cada sector.

⁹ Los datos de seguridad social se obtienen del Departament de Treball (<http://www.gencat.es/treball/>). Los datos de Censos y Padrones se obtienen de Idescat (<http://www.idescat.es/>) y del INE (<http://www.ine.es/>).

¹⁰ Clasificación Nacional de Actividades Económicas del año 1974. Equivales, a grandes rasgos, a la NACE 74.

¹¹ Véase en los capítulos 4 y 5 los apartados destinados a las redes de conocimiento.

¹² Clasificación Nacional de Actividades Económicas del año 1993. Equivale a la NACE-Rev.

Las series de Censos y Padrones, y las de Seguridad Social presentan una elevada correlación, sin embargo, debe resaltarse que estas últimas presentan dos tipos de sesgos: en primer lugar, la medición se realiza sobre ocupados asalariados, y no se incluyen en la serie los empleados autónomos¹³, ni los funcionarios de diferentes tipos¹⁴; en segundo lugar, en el caso de empresas multiestablecimiento, la ocupación suele declararse en un solo lugar (sede), lo que incluye un sesgo adicional.

Los datos de número de **empresas** por sector proceden también de la Seguridad Social. Sin embargo, disponer de datos de establecimiento, en vez de datos de empresas, hubiera propiciado una estimación más afinada.

Puesto que los datos de Censos y Padrones están teóricamente exentos de error de medida espacial, o en su defecto éste debería ser muy bajo, se prefiere utilizar esta serie en las estimaciones sectoriales (red principal, redes verticales/horizontales y redes de complementariedad/sinergia). Para las estimaciones con las redes de conocimiento se utilizarán los datos de asalariados (1991 y 2001), debido a que no puede aplicarse la clasificación con la desagregación suficiente al padrón de 1986, y a que si se utilizaran los años 1991 y 1996, se estaría comparando entre dos momentos diferentes del ciclo económico. En todos los casos deberá controlarse la existencia de posibles errores espaciales de medida.

Los datos de **población** se obtienen del censo de 1991. Se trata de la población de derecho en el municipio, lo que presenta un pequeño sesgo sobre la real, que sin embargo no tiene ninguna importancia puesto que se utiliza como un indicador de nivel.

1.3. Agregación sectorial

Con el objetivo de separar los efectos sectoriales, y por tanto reducir el riesgo de que comportamientos positivos de algunos sectores se anulen con comportamientos negativos de otros (sesgo de agregación)¹⁵, se ha procedido a estimar separadamente las regresiones para cada sector.

Se han utilizado dos tipos de agregaciones sectoriales:

1. La primera es estándar, y divide la ocupación en **diez sectores productivos**: (S0) Agricultura, caza, selvicultura y pesca; (S1) Energía y agua; (S2) Minerales no energéticos y productos derivados. Industrias químicas; (S3) Industrias transformadoras de metales y mecánica de precisión; (S4) Otras industrias manufactureras; (S5) Construcción; (S6) Comercio, restaurantes y

¹³ La serie estadística de autónomos se inicia en 1996.

¹⁴ Este último sesgo puede presentar, en realidad una ventaja, al eliminar un tipo de ocupación (funcionarios) que no depende del funcionamiento competitivo de la economía.

¹⁵ Puede consultarse Moomaw (1998, Op.cit.) en relación con el sesgo de agregación sectorial.

hotelería. Restauraciones; (S7) Transportes y comunicaciones; (S8) Finanzas, seguros, servicios a las empresas y alquileres; (S9) Otros servicios. Para estos sectores, la clasificación es homogénea para la CNAE 74 y 93, por lo que no existe ningún tipo de sesgo adicional. El sector S0 (Agricultura, caza, silvicultura y pesca) no se utilizará en las estimaciones.

2. La segunda clasificación se basa en la **economía del conocimiento**, y es la adaptación de Trullén (2002) y Trullén et al. (2002)¹⁶ de la clasificación de la OCDE (2001)¹⁷. Los detalles de esta clasificación pueden consultarse en el capítulo 4, en el apartado destinado a las redes de conocimiento. La clasificación de conocimiento reagrega los sectores productivos (desde dos o tres dígitos) en dos sectores: sectores de conocimiento alto y sectores de conocimiento bajo¹⁸. La orientación es similar a la utilizada por la literatura tradicional sobre crisis urbana (Baumol 1967)¹⁹, que aborda el problema del crecimiento de la productividad agrupando las actividades productivas en dos grandes categorías: trabajo especializado y no especializado.

1.4. Matrices de contactos (W)

Las matrices de contactos incluyen las diferentes especificaciones de red identificadas en el capítulo 5, además de una matriz adicional de contigüidad espacial, con el objetivo de contrastar los efectos de proximidad con los efectos de red (que no exigen proximidad).

1.5. Municipios de la muestra

El ámbito de referencia sobre el que se trabaja (Cataluña), contiene 944 municipios en el año 1996. Las redes de ciudades se han identificado sobre estos municipios. **La red principal abarca 389 municipios en 1986**, de manera que se utilizan estos municipios en las estimaciones para asegurar que las matrices de contactos no contengan filas de ceros. La utilización de estos municipios tiene una ventaja

¹⁶ TRULLEN, 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 (mayo 2002).

TRULLÉN, JOAN; LLADÓS, JOSEP y RAFAEL BOIX (2002): "Economía del conocimiento, ciudad y competitividad", *Investigaciones Regionales*, nº1.

¹⁷ OCDE (2001): Tableau de bord de l'OCDE de la science, de la technologie et de l'industrie. OCDE, París.

¹⁸ Esta clasificación puede presentar un ligero sesgo entre la CNAE 74 y 93, sin embargo, como se demuestra en Trullén (2002, Op.cit.), en la realidad este sesgo tiende a ser casi nulo. Los agregados de conocimiento alto y bajo no incluyen todos los sectores, y queda un residuo formado por las actividades que la OCDE no incluye en ninguna de las dos categorías: primarias, industrias energéticas y construcción. Los resultados para estos sectores pueden observarse en las regresiones sectoriales.

¹⁹ BAUMOL, W.J. (1967): "Macroeconomics of unbalanced growth: the anatomy of urban crisis", *American Economic Review*, nº 57, p.415-426.

adicional, y es que se eliminan gran parte de los municipios más pequeños de la muestra, lo que propicia que los indicadores relativos con base en el municipio no muestren variaciones elevadas ante cambios en un pequeño número de ocupados.

A pesar de todo, en algunos sectores aún podemos encontrar algún municipio sin ocupación. Una opción habitual en la literatura es utilizar una formulación Tobit en la estimación (Henderson et al. 1995)²⁰. Sin embargo, además del pequeño número de municipios al que afecta este hecho, nótese que la muestra no está censurada, por lo que la utilización de una formulación Tobit podría causar sesgos adicionales²¹.

Estos municipios representan el 94,19% de la población del año 1996 (5.736.289) y el 94,70% de la ocupación de Cataluña (2.194.267). Sectorialmente incorporan entre el 91% y el 98% de la ocupación (excepto en sector primario, no utilizado). Aunque en las estimaciones finales se utilice una muestra de 389 municipios, los coeficientes de especialización y diversidad han sido calculados utilizando como base el total de municipios de Cataluña.

Tabla 1. Porcentaje de ocupación de los municipios de la muestra sobre el total de Cataluña. 10 sectores y economía del conocimiento.

a) 10 sectores CNAE 74-93. Año 1996

Sector	Total Cataluña	389 municipios	%
0. Agricultura, caza, selvicultura y pesca	70.891	45.421	64,07%
1. Energía y agua	20.663	19.521	94,47%
2. Minerales no energéticos y productos derivados. Industrias químicas	116.621	112.651	96,60%
3. Ind. transformadoras de metales y mecánica de precisión	276.318	266.320	96,38%
4. Otras industrias manufactureras	288.442	273.797	94,92%
5. Construcción	153.625	140.995	91,78%
6. Comercio, restaurantes y hostelería. Restauraciones	418.953	396.483	94,64%
7. Transportes y comunicaciones	140.961	135.691	96,26%
8. Finanzas, seguros, servicios a las empresas y alquileres	258.872	253.335	97,86%
9. Otros servicios	448.921	433.656	96,60%
Total	2.194.267	2.077.870	94,70%

b) Economía del conocimiento. Año 2001

Sector	Total Cataluña	250 municipios	%
1. Conocimiento bajo	1.269.915	1.174.281	92,47%
2. Conocimiento alto	785.738	764.428	97,29%
3. Resto	228.853	201.240	87,93%
Total	2.284.506	2.139.949	93,67%

²⁰ HENDERSON, VERNON, KUNKORO, AKI and MATT TURNER (1995): "Industrial development in cities", *The Journal of Political Economy*, vol.103:5, p.1067-1090.

²¹ Sobre las limitaciones al uso del modelo Tobit, puede consultarse Maddala (1996, p.391). MADDALA, G.S. (1996): *Introducción a la econometría*. Prentice Hall, México. Una mayor desagregación sectorial (por ejemplo a 2 ó 3 dígitos) provocaría un gran número de municipios sin ocupación en algunos sectores. En este caso sería recomendable aplicar otro tipo de técnicas econométricas, por ejemplo variables discretas, como se sugiere en Henderson et al. (1994, Op.cit.).

En las estimaciones de redes de conocimiento se utilizará una muestra de 250 municipios. Esto se debe a que sólo hay 250 municipios que son nodos en redes de conocimiento alto. Estos municipios también son nodos en redes de conocimiento bajo, puesto que ambas clasificaciones no son excluyentes. De esta manera puede contrastarse el efecto de ambos tipos de redes sobre los mismos municipios.

2. VARIABLES DEPENDIENTES Y EXPLICATIVAS

De acuerdo con la especificación del modelo, se utiliza como variable dependiente el **ratio de crecimiento de la ocupación** (en logaritmos equivale a la tasa de crecimiento).

Como variables explicativas se selecciona un pequeño conjunto de variables, que incluyen las más usuales en la literatura aplicada: ocupación en el año base; dimensión de empresa; especialización del municipio; diversidad del municipio, población del municipio, media de años de educación y crecimiento del resto de sectores. Estas variables aproximan los efectos de implantación previa del sector, las economías internas de escala (u otros factores de empresa relacionados con el tamaño), la especialización del municipio en el sector, la diversidad del entorno, la dimensión del municipio, el capital humano y los efectos de arrastre sectoriales. Otros efectos no se han incluido debido al elevado grado de colinealidad que presentaban con estas variables²².

Para reforzar la causalidad *estructura urbana* \rightarrow *crecimiento*, se especifican las variables explicativas en función del año inicial.

2.1. Economías de empresa

En función de la información disponible, para la aproximación al vector de características de empresa $k(\cdot)$ se utiliza la dimensión media de empresa en el año inicial (Dim_{1991}):

$$Dim_{ij} = \frac{l_{c,s}}{F_{c,s}} \quad [1]$$

, donde l es la ocupación, F el número de empresas, c la ciudad (municipio), y s el sector.

²² El número de variables se ha preferido que sea pequeño para minimizar los problemas de colinealidad.

Esta variable se considera aproximativa de la existencia de economías de escala. Sin embargo, este hecho es solo aproximativo, puesto que realmente no se estima la función de producción de las empresas, y por tanto no podemos aislar este factor de otros²³.

2.2. Condiciones iniciales y economías externas de concentración

Podemos expresar el vector de economías externas de concentración $g(\cdot)$ en función de:

La ocupación inicial en el sector (L_{86}): indica si el nivel inicial de ocupación en el sector/municipio se relaciona con su crecimiento. Es una variable de control de las condiciones iniciales (historia) del sector en el municipio.

Especialización inicial del sector (Esp_{86}): se utiliza un coeficiente de localización zonal. Cuando el valor del coeficiente es superior a 1 suele decirse que el municipio está especializado en el sector.

$$CLZ_{ij} = \frac{l_{cs}/l_s}{l_c/l} \quad [2]$$

, donde l es la ocupación, c la ciudad (municipio), y s el sector.

Diversidad inicial del municipio (Div_{86}): se aproxima a partir del coeficiente de Hirschman-Herfindahl de diversidad en el territorio²⁴:

$$HHI_j = \sum_{k, k \neq s} \left[\frac{l_{cs}}{l_c} \right]^2 \quad [3]$$

, donde l es la ocupación, c la ciudad (municipio), y s el sector.

El coeficiente se normaliza sobre el mismo coeficiente para Cataluña y se invierte para que tenga una interpretación positiva (a mayor valor del coeficiente, mayor diversidad)²⁵.

²³ El concepto de economías de escala suele utilizarse de una forma excesivamente general para definir ventajas asociadas a la empresa. Nótese que este concepto ha sido acotado y definido por precisión por la microeconomía, como puede consultarse en el capítulo 2 de la presente investigación. Sobre la base teórica expuesta en el capítulo 2, hubiera sido interesante incorporar una variable de número de productos fabricados por la empresa, para aproximar las economías internas de alcance (*scope*). Sin embargo, esta información no estaba disponible.

²⁴ Al no disponer de datos de empresas para el año 1996, se utiliza como *proxy* el año 1991.

²⁵ Se ha procedido en esta forma para facilitar su interpretación. En la mayoría de trabajos, este coeficiente no se invierte, de manera que se interpreta como no-diversidad (valores negativos elevados de los coeficientes estimados indican diversidad elevada). Combes (2000a), entre otros autores, procede de forma similar.

Población del municipio en el año inicial (Pob_{86}): población de derecho del municipio. Aproxima el efecto global de la dimensión del municipio sobre el crecimiento²⁶.

Media de años de educación (índice de calidad del trabajo EDU_{86}): aproxima los efectos del capital humano del municipio:

$$EDU_c = \sum A_j a_{cj} \quad [4]$$

, donde A_j son los años de educación oficialmente requeridos para la obtención del nivel educativo j ; a_{ij} es el porcentaje de la población de más de 25 años con un nivel educativo j en el municipio c .

Variación de la ocupación en el resto de sectores ($?Resto$): aproxima efectos de arrastre del resto de sectores sobre el sector analizado:

$$\Delta Resto_{cs} = \sum_{k \neq s} \frac{l_{ck,t}}{l_{ck,t-1}} \quad [5]$$

, donde l es la ocupación, c la ciudad (municipio), y s el sector.

2.3. Economías externas de red

Las economías externas de red se aproximan utilizando retardos espaciales de las variables explicativas. Es decir, evalúan el impacto que ejerce la media ponderada de estas variables en los municipios de la red sobre el municipio de referencia.

El **lag de red de la ocupación inicial en el sector-municipio** ($W-L_{t-1}$) indica la media de ocupación en el sector en la red de ciudades.

La variable **lag de red de economías de empresa** ($W-Dim_{t-1}$) se interpreta como la dimensión media de las empresas en la red de ciudades. Por tanto recoge efectos como relaciones verticales con grandes empresas.

La variable **lag de red de la especialización inicial en el sector** ($W-Esp_{t-1}$) aproxima el impacto que tiene la media de especialización de los municipios de la red sobre el crecimiento o el nivel de ocupación en el sector-municipio.

El **lag de red de la población inicial en el municipio** ($W-Pob_{t-1}$) aproxima los efectos de la media de población en el entorno de red del municipio.

²⁶ Esta variable se corresponde con el concepto inicial de Hoover (1937) de economías de urbanización como dimensión de la unidad urbana. HOOVER, EDGAR M. (1937): Location theory and the shoe and leather industries. Harvard University Press.

El **lag de red de la media de años de educación** ($W-EDU_{t-1}$) aproxima los efectos del capital humano en el entorno de red del municipio.

El **lag de red de la ratio de crecimiento del resto de sectores** ($W-?Resto$) aproxima los efectos del capital humano en el entorno de red del municipio.

Las variables dependientes y explicativas se expresan en logaritmos, lo que facilita la interpretación de los coeficientes como elasticidades. En las regresiones sectoriales, el coeficiente de la variable (β) nos informa del efecto diferencial sobre la media de una variación porcentual de la variable dependiente ante un cambio del 1% en la variable explicativa.

El modelo de crecimiento en variaciones a estimar toma la forma de un modelo mixto regresivo espacial regresivo, y se estima para cada sector por separado²⁷:

$$\begin{aligned} \log(L^{1996} / L^{1986})_{c,s} &= \mathbf{b}_0 + \mathbf{r}W \cdot \log(L^{1996} / L^{1986})_{c,s} + \mathbf{b}_1 \log DIM_{c,s}^{1986} + \mathbf{b}_2 \log L_{c,s}^{1986} + \\ &+ \mathbf{b}_3 ESP_{c,s}^{1986} + \mathbf{b}_4 DIV_{c,s}^{1986} + \mathbf{b}_5 POB_c^{1986} + \mathbf{b}_6 EDU_c^{1986} + \mathbf{b}_7 \Delta Re sto_{c,s} + \\ &+ (W \cdot \log DIM_{c,s}^{1986}) \mathbf{g}_1 + (W \cdot \log L_{c,s}^{1986}) \mathbf{g}_2 + (W \cdot \log ESP_{c,s}^{1986}) \mathbf{g}_3 + (W \cdot \log DIV_{c,s}^{1986}) \mathbf{g}_4 + \quad [6] \\ &+ (W \cdot \log POB_c^{1986}) \mathbf{g}_5 + (W \cdot \log EDU_c^{1986}) \mathbf{g}_6 + (W \cdot \log \Delta Re sto_{c,s}) \mathbf{g}_7 + \mathbf{e}_{c,s} \end{aligned}$$

donde $\mathbf{e} \sim N(0, \Omega)$

²⁷ En ambos modelos se supone que no queda correlación espacial residual en el término de error. Este supuesto se contrastará explícitamente en las estimaciones.

Tabla 2. Resumen de variables

Variable dependiente	
- Variación absoluta de la ocupación entre 1986 y 1996	$Log (l^{1996} / l^{1986})$
Variables explicativas (todas se expresan en logaritmos)	
<i>1. Empresa</i>	
<ul style="list-style-type: none"> • Dimensión media de empresa en el año inicial (Dim₈₆) 	$Dim_{ij} = \frac{l_{c,s}}{F_{c,s}}$
<i>2. Economías externas de concentración</i>	
<ul style="list-style-type: none"> • Ocupación inicial en el sector (E₈₆) • Especialización inicial del sector (Esp₈₆) 	$CLZ_{ij} = \frac{E_{cs} / F_s}{F_c / F}$
<ul style="list-style-type: none"> • Diversidad inicial del municipio (Div₈₆) 	$HHI_j = 1 / \sum_{k, k \neq c} \left[\frac{l_{c,k}}{l_c} \right]^2$
<ul style="list-style-type: none"> • Población del municipio en el año inicial (Pop₈₆) • Media de años de educación en el año inicial (EDU₈₆) • Ratio de crecimiento del resto de sectores en el municipio 	Pob_{86} $EDU_c = \sum A_j a_{cj}$ $\Delta Resto_{cs} = \sum_{k \neq s} l_{c,k} / \sum_{k \neq s} l_{c,k-1}$
<i>3. Economías externas de red</i>	
<ul style="list-style-type: none"> • Ocupación inicial en el sector en los municipios de la red (WE₈₆) • Tamaño medio de empresa en el año inicial en los municipios de la red (WDim₈₆) • Especialización inicial del sector en los municipios de la red (WEsp₈₆) • Diversidad inicial del municipio en los municipios de la red (WDiv₈₆) • Población del municipio en el año inicial en los municipios de la red (WPop₈₆) • Media de años de educación en el año inicial (WEDU₈₆) • Ratio de crecimiento del resto de sectores en los municipios de la red (W?Resto) 	WE_{86} $W \cdot Dim_{86}$ $W \cdot Esp_{86}$ $W \cdot Div_{86}$ $W \cdot Pop_{86}$ $W \cdot EDU_{86}$ $W \cdot ?Resto$

3. RESULTADOS BÁSICOS

3.1. Red principal de ciudades

El modelo de crecimiento en variaciones se estima mediante un procedimiento bayesiano que permite incorporar simultáneamente la correlación espacial y la heterocedasticidad, de esta forma se consiguen estimadores eficientes e insesgados²⁸. A diferencia de Glaeser et al. (1992), no se estima sólo para los sectores de mayor crecimiento, sino para cada sector por separado²⁹.

El modelo se estima en tres etapas. En la primera se muestran los resultados de incluir sólo las economías de concentración. En la segunda etapa se incluye el retardo de red (*lag*) de la variable dependiente. En la tercera fase se añaden los retardos de red de las variables explicativas.

3.1.1. Economías de concentración

El modelo muestra evidencia de economías de concentración para la totalidad de los sectores estimados. La ocupación inicial en el sector muestra coeficientes significativos y negativos para todos los sectores (excepto “Comercio, restaurantes y hotelería”, donde no es significativa). Estas elasticidades varían entre $\beta=-0,10$ (“Otros servicios”) y $\beta=-0,36$ (“Finanzas, seguros,...”), lo que significa que cuanto mayor es el nivel inicial de ocupación en el municipio, menor es el crecimiento diferencial de este municipio respecto al resto. El signo de esta elasticidad se corresponde con los encontrados en la mayoría de trabajos sobre la medida de externalidades.

La dimensión inicial de empresa muestra un coeficiente positivo y significativo para todos los sectores. Las elasticidades varían entre $\beta=0,09$ (“Otros servicios”) y

²⁸ Ver detalles en el anexo 6. La heterocedasticidad sigue un comportamiento aleatorio, por lo que no se podía especificar su forma, lo que ha decidido el uso de las técnicas de estimación bayesianas, que permitan incorporarla de forma genérica en el modelo. El modelo de crecimiento en variaciones se ha estimado utilizando el *Econometric Toolbox* para Matlab de James LeSage, que permite la estimación mediante máxima verosimilitud o técnicas bayesianas. 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 y Pagan robusta ante no normalidad en los términos de error (Anselin 1992, p.175-177; Greene 1999, p.479-480). ANSELIN, LUC (1992): “SpaceStat tutorial: a workbook for using SpaceStat in the analysis of Spatial Data”, University of Illinois, Urbana Champaign ; GREENE, W.H. (1999): *Análisis Econométrico*. McGraw Hill, Madrid.

²⁹ En Glaeser et al. (1992, Op.cit.) se utiliza una estimación sobre los seis sectores con mayor crecimiento en cada ciudad. Esta aproximación, aunque válida, ha sido muy criticada, por lo que se ha preferido el enfoque de Henderson et al. (1995, Op.cit.) de estimar cada sector por separado. De esta forma se modela independientemente el crecimiento de cada sector.

$\beta=0,21$ (“Energía y agua”; “Minerales no energéticos e industrias químicas”). Por tanto, una elevada dimensión inicial de empresa se asocia con un crecimiento diferencial mayor que la media. Este resultado es coherente con las hipótesis de dimensión de empresa (escala, alcance, conocimiento-investigación) o las hipótesis de monopolio de Glaeser et al.

La especialización inicial muestra siempre un coeficiente negativo y significativo para todos los sectores. Las elasticidades varían entre $\beta=-0,15$ (“Finanzas, seguros, ...”) y $\beta=-0,46$ (Comercio, restaurantes, ...). No se esperaba que este resultado fuese negativo para la totalidad de sectores. Sin embargo, mientras que en Henderson et al. (1995) este coeficiente es positivo, en Glaeser et al. (1992) o Combes (2000a) tiende a ser negativo, con coeficientes entre $\beta=-0,1$ y $\beta=-0,5$.

La diversidad inicial tiene un coeficiente positivo y significativo para todos los sectores (excepto “Otras industrias manufactureras”, donde no es significativo). Las elasticidades varían entre $\beta=0,11$ y $\beta=0,20$. Estos resultados concuerdan con Glaeser et al. (1992). En Henderson et al. (1995) y Combes (2000a) se encuentra que la diversidad suele relacionarse negativamente con los sectores maduros y los sectores industriales, y positivamente con sectores de alta tecnología y sectores de servicios.

La población es significativa para seis de los nueve sectores, y sus elasticidades varían entre $\beta=0,10$ (“Otros servicios”) y $\beta=0,46$ (“Finanzas, seguros, ...”). Esta variable relaciona la dimensión del municipio con la generación de externalidades (efecto de masa), y es la variable que en Hoover (1937) se asocia con las “economías de urbanización”. El que la variable no sea significativa en los sectores de gran empresa es coherente³⁰.

La media de años de educación se asocia con efectos del capital humano. La variable es significativa y positiva en los sectores de “Otras industrias manufactureras”, “Comercio, restaurantes...”, “Finanzas, seguros, ...” y “Otros servicios”, mientras que no resulta significativa para el resto de sectores industriales, “Construcción” y “Transportes y comunicaciones”. La elasticidad de esta variable es muy elevada, y oscila entre $\beta=0,34$ y $\beta=1,39$ (“Finanzas, seguros, ...”). El comportamiento de la variable tiende a ser el esperado, puesto que su efecto es mayor en los sectores de servicios avanzados³¹.

La variación del resto de sectores tiene un efecto diferencial significativo y positivo para la totalidad de sectores. Su elasticidad oscila entre $\beta=0,33$ (“Otros servicios”) y $\beta=0,73$ (“Minerales no energéticos e industrias químicas”). Este comportamiento sugiere la existencia de fuertes efectos de arrastre procedentes del crecimiento del resto de sectores.

³⁰ Es más difícil interpretar por qué no lo es en el sector de “Comercio, restaurantes...”.

³¹ En el sector de “Comercio, restaurantes, ...” podría estar mostrando en realidad un efecto de demanda.

Tabla 3. Modelo de economías de concentración

Variable dependiente: Log (L₁₉₉₆/L₁₉₈₆)					
	Energía y agua	Minerales no energéticos. Ind. químicas	Transf..Metales y mecánica de precisión	Otras industrias manufactureras	Construcción
Constante	-0,2182	-0,2200	0,0635	-1,0525**	0,6284
Log Ocupación ₈₆	-0,1180**	-0,1179**	-0,1855***	-0,1788***	-0,1962***
Log Dimensión ₈₆	0,2188***	0,2189***	0,1687***	0,1975***	0,1252***
Log Especializ. ₈₆	-0,3467***	-0,3456***	-0,2313***	-0,3185***	-0,3440***
Log Diversidad ₈₆	0,1592**	0,1507**	0,1103*	0,0501	0,1713***
Log Población ₈₆	0,0524	0,0553	0,1198**	0,1254***	0,1269***
Log Educación ₈₆	-0,0868	-0,0838	-0,2145	0,3437***	-0,1278
Log ?Resto ₈₆	0,7254***	0,7319***	0,6719***	0,6158***	0,4702***
R ²	0,4736	0,4735	0,3452	0,4685	0,4932
R ² - adj	0,4639	0,4638	0,3332	0,4588	0,4839
s ²	0,2097	0,2102	0,1537	0,0928	0,0573

	Comercio, restaurantes y hostelería	Transportes y comunicaciones	Finanzas, seguros, servicios empresas y alquileres	Otros servicios
Constante	0,2096	-1,4695***	-5,4773***	-1,3281***
Log Ocupación ₈₆	-0,0074	-0,1880***	-0,3620***	-0,1001**
Log Dimensión ₈₆	0,1171***	0,1718***	0,1735***	0,0961***
Log Especializ. ₈₆	-0,4672***	-0,3536***	-0,1570***	-0,3500***
Log Diversidad ₈₆	0,1819***	0,1860***	0,2012***	0,1829***
Log Población ₈₆	0,0030	0,2291***	0,4607***	0,1079***
Log Educación ₈₆	0,3420***	0,0875	1,3694***	0,7887***
Log ?Resto ₈₆	0,5856***	0,9140***	0,7293***	0,3350***
R ²	0,4762	0,4923	0,5512	0,4598
R ² - adj	0,4666	0,4829	0,543	0,4499
s ²	0,0491	0,0965	0,0977	0,0486

*** significativo al 1% ; ** significativo al 5%; * significativo al 10%
 Estimación bayesiana. Valor del prior r=4. Muestra: 389 municipios de Cataluña con relaciones de red (red principal). Fuente: elaboración a partir de Censos y Padrones (Idescat)

3.1.2. Efecto del crecimiento del resto de municipios de la red

A la regresión sobre economías de concentración se añade una variable que recoge el efecto sobre el municipio del crecimiento del sector en los municipios de la red con los que tiene conexión directa. Esta variable (?) es conocida como retardo o lag espacial de la variable endógena.

En primer lugar, se observa como los coeficientes de las variables de concentración apenas varían, lo que significa que son robustos ante la inclusión de efectos de red. El coeficiente de red ? es significativo y positivo para todos los sectores, excepto

“Otros servicios”. Sus elasticidades oscilan entre $\beta=0,07$ (“Ind. transformadoras de metales...”) y $\beta=0,16$ (“Finanzas, seguros,...”). Por tanto, se constata la existencia de una externalidad de red asociada al crecimiento del sector en el resto de municipios de la red. Esta externalidad puede asociarse a un efecto de sinergia.

Tabla 4. Modelo mixto regresivo-autorregresivo espacial de primer orden heterocedástico (modelo de retardo espacial)

Variable dependiente: Log (L ₁₉₉₆ /L ₁₉₈₆)					
	Energía y agua	Minerales no energéticos. Ind. químicas	Transf..Metales y mecánica de precisión	Otras industrias manufactureras	Construcción
Constante	-0,3413	-0,4013	-0,0338	-0,9535**	0,7865*
Log Ocupación ₈₆	-0,1220**	-0,1239**	-0,1894***	-0,1761***	-0,1814***
Log Dimensión ₈₆	0,2162***	0,2168***	0,1615***	0,1901***	0,1209***
Log Especializ. ₈₆	-0,3387***	-0,3351***	-0,2179***	-0,3048***	-0,3363***
Log Diversidad ₈₆	0,1596**	0,1573**	0,1073*	0,0445	0,1523***
Log Población ₈₆	0,0619	0,0634	0,1239**	0,1198***	0,1076***
Log Educación ₈₆	-0,0849	-0,0614	-0,1867	0,3203**	-0,1563
Log ?Resto ₈₆	0,7431***	0,7363***	0,6835***	0,6152***	0,4732***
?	0,0898***	0,0917***	0,0716**	0,0949***	0,1236***
R ²	0,4809	0,4816	0,3434	0,4676	0,5124
s ²	0,2096	0,2107	0,1543	0,0926	0,0559
LM-ERR ₇	2,3162	0,1587	15,270***	0,3430	36,082***

	Comercio, restaurantes y hostelería	Transportes y comunicaciones	Finanzas, seguros, servicios empresas y alquileres	Otros servicios
Constante	0,2089	-1,3767***	-5,1822***	-1,2936***
Log Ocupación ₈₆	-0,0086	-0,1878***	-0,3464***	-0,0982**
Log Dimensión ₈₆	0,1140***	0,1698***	0,1676***	0,0952***
Log Especializ. ₈₆	-0,4673***	-0,3559***	-0,1547***	-0,3547***
Log Diversidad ₈₆	0,1825***	0,1887***	0,1782***	0,1866***
Log Población ₈₆	-0,0018	0,2112***	0,4244***	0,1083**
Log Educación ₈₆	0,3602***	0,0947	1,3331***	0,7797***
Log ?Resto ₈₆	0,5866***	0,8896***	0,6937***	0,3373***
?	0,0939***	0,1543***	0,1607***	-0,0468
R ²	0,4805	0,5063	0,5710	0,4567
s ²	0,0489	0,0929	0,0942	0,0485
LM-ERR ₇	28,176***	0,3836	5,8267**	0,7641

*** significativo al 1% ; ** significativo al 5%; * significativo al 10%

Estimación bayesiana. Valor del prior $\tau=4$. Muestra: 389 municipios de Cataluña con relaciones de red (red principal). Fuente: elaboración a partir de Censos y Padrones (Idescat)

3.1.3. Efecto del crecimiento del resto de municipios de la red y de los factores localizados en estos municipios

Además del crecimiento de los municipios de la red, podemos pensar que los factores localizados en estos municipios también afectan al crecimiento mediante un efecto de red. Este efecto puede contrastarse incorporando los retardos espaciales de las variables de concentración. Aunque está contemplado en la literatura sobre econometría espacial, la incorporación simultánea del retardo espacial de la variable endógena y de las explicativas no suele encontrarse en la práctica. Esto se debe a que el retardo de la endógena tiende a explicarse parcialmente por los de las otras variables, y por tanto se introduce colinealidad en el modelo. Si bien esto es cierto, la colinealidad puede controlarse, además de que en este caso, el procedimiento de estimación utilizado es bastante robusto a la colinealidad³². Los resultados de las estimaciones son los siguientes:

En primer lugar, el resto de coeficientes continúa variando muy poco tras la inclusión del conjunto de variables exógenas de red, además incrementa el R^2 y se reduce la varianza residual. El retardo de la variable dependiente (?), que recoge el efecto del crecimiento de la ocupación en el sector en el resto de municipios, tiende a incrementar en la mayoría de sectores.

El *lag* de la ocupación inicial en el sector-municipio es significativo para seis de los nueve sectores, en los cuales es positivo. Su elasticidad oscila entre $\beta=0,12$ (“Otros servicios”) y $\beta=0,19$. Debe notarse que su signo es contrario al de la misma variable expresada como economía de concentración. Cuando combinamos el efecto de ambas variables pueden darse dos hechos:

1. Que sólo sea significativo el coeficiente de concentración o el de red. Cuando sólo es significativo el coeficiente de red, parece existir un efecto de difusión de la actividad desde municipios vecinos.
2. Ambos son significativos, con lo cual el impacto agregado de la variable ($\beta+?$) es muy pequeño (por ejemplo en “Energía y agua”: $-0,0977 + 0,1659 = 0,0662$; “Ind. transformadoras de metales...”: $-0,1887 + 0,1609 = 0,0278$).

En relación a los retardos de las otras variables explicativas, la dimensión de empresa sólo es significativa en dos de los sectores (“Otras industrias manufactureras”: $?=0,0712$; “Finanzas, seguros,...”: $?=0,1291$). En este caso, el coeficiente tiene el mismo signo que la variable de concentración, por lo que se agregan sus efectos.

³² Si bien no es totalmente inmune. Por tanto, una estimación cuidada debería eliminar las variables no significativas relacionadas con este problema.

Tabla 5. Modelo mixto regresivo-regresivo espacial heterocedástico

Variable dependiente: Log (L ₁₉₉₆ /L ₁₉₈₆)					
	Energía y agua	Minerales no energéticos. Ind. químicas	Transf..Metales y mecánica de precisión	Otras industrias manufactureras	Construcción
Constante	0,8671	0,8498	1,1557	-1,2475*	1,0541*
Log Ocupación ₈₆	-0,0997*	-0,1075*	-0,1887***	-0,1703***	-0,1722***
Log Dimensión ₈₆	0,2133***	0,2144***	0,1907***	0,1950***	0,1221***
Log Especializ. ₈₆	-0,3774***	-0,3722***	-0,2801***	-0,3728***	-0,3820***
Log Diversidad ₈₆	0,1468**	0,1506**	0,1202**	0,0791**	0,1538***
Log Población ₈₆	0,0322	0,0389	0,1169**	0,1167***	0,1119***
Log Educación ₈₆	-0,1739	-0,1546	-0,0877	0,3557**	-0,1742
Log ?Resto ₈₆	0,6772***	0,6705***	0,6631***	0,5879***	0,4427***
W* Log L ₈₆	0,1659**	0,1692**	0,1609**	0,0263	0,1962***
W* Log Dim ₈₆	-0,0280	-0,0308	-0,0512	0,0712*	0,0567
W* Log Esp ₈₆	-0,0832	-0,0827	0,0705	0,0801	-0,0478
W* Log Div ₈₆	0,1891**	0,1943*	-0,0299	-0,0744	0,0551
W* Log Pob ₈₆	-0,1288**	-0,1320**	-0,1417**	-0,0192	-0,1702***
W* Log Edu ₈₆	-0,2923	-0,3360	-0,3950	-0,0729	0,0190
W* Log ?Resto ₈₆	-0,0177	0,0187	-0,1315	-0,0546	-0,1291
?	0,1251***	0,1279***	0,1593***	0,1299***	0,2015***
R ²	0,4904	0,4915	0,3897	0,4868	0,5270
s ²	0,2046	0,2041	0,1472	0,0920	0,0526
LM-ERR ₇	2,3825	2,3269	3,9862**	4,7695**	2,3566

	Comercio, restaurantes y hotelería	Transportes y comunicaciones	Finanzas, seguros, servicios empresas y alquileres	Otros servicios
Constante	1,5802**	-0,7476	-4,7452***	-0,6608
Log Ocupación ₈₆	0,0108	-0,1331**	-0,3030***	-0,0577
Log Dimensión ₈₆	0,1208***	0,1689***	0,1684***	0,0915***
Log Especializ. ₈₆	-0,4990***	-0,3750***	-0,1568***	-0,4062***
Log Diversidad ₈₆	0,1801***	0,1555***	0,1594***	0,1892***
Log Población ₈₆	-0,0092	0,1614***	0,3642***	0,0802*
Log Educación ₈₆	0,3389***	-0,0731	1,1644***	0,7464***
Log ?Resto ₈₆	0,5496***	0,8034***	0,6315***	0,3270***
W* Log L ₈₆	0,1687***	0,0506	-0,0156	0,1287**
W* Log Dim ₈₆	-0,0427	-0,0342	0,1291***	0,0335
W* Log Esp ₈₆	-0,0031	0,0837	-0,0166	-0,0158
W* Log Div ₈₆	-0,0595	0,1170*	0,0284	-0,0810
W* Log Pob ₈₆	-0,1294***	-0,0105	0,0330	-0,1220**
W* Log Edu ₈₆	-0,3238*	-0,3571	-0,3860	0,1199
W* Log ?Resto ₈₆	-0,0378	-0,0653	0,1130	0,0513
?	0,1450***	0,1658***	0,1199***	-0,0159
R ²	0,5109	0,5562	0,5901	0,4807
s ²	0,0457	0,0877	0,0901	0,0475
LM-ERR ₇	12,371***	7,3188***	0,1744	0,3063

*** significativo al 1% ; ** significativo al 5%; * significativo al 10%

Estimación bayesiana. Valor del prior $r=4$. Muestra: 389 municipios de Cataluña con relaciones de red (red principal). Fuente: elaboración a partir de Censos y Padrones (Idescat)

El lag de red de la población inicial resulta negativo y significativo para seis de los nueve sectores. Como la variable de concentración tiene signo positivo, puede suceder:

1. Sólo la variable de concentración es significativa, como por ejemplo en “Otras manufacturas” $\beta=0,11$, o “Finanzas, seguros,…” $\beta=0,36$.
2. Un efecto de masa negativo (deseconomía de red), cuando sólo es significativo el coeficiente de red. Por ejemplo, en “Minerales no energéticos” $\beta=-0,1320$.
3. Cuando ambos son significativos, el efecto de ambos tiende a anularse. Por ejemplo en “Otros servicios”: $0,0802 - 0,1220 = -0,0418$.

Finalmente, no resultan positivos el lag de red de la especialización, la educación y el crecimiento del resto de sectores para ningún sector. El lag de la diversidad sólo es significativo para tres sectores, para los cuales es positivo.

3.2. Redes verticales y horizontales

La separación en redes verticales y horizontales nos permite distinguir entre la importancia de los flujos jerárquicos y los no jerárquicos en la generación de economías de red. Las teorías de lugar central destacan la relevancia de los flujos verticales (jerárquicos). Sin embargo, el paradigma de las redes de ciudades subraya que ambos tipos de flujos son relevantes en la generación de externalidades.

Para la estimación de redes verticales y horizontales se ha utilizado una variación del modelo anterior, en el que el retardo de la variable dependiente es común para ambos tipos de redes, y se han utilizado los retardos de las variables explicativas para contrastar ambos efectos por separado³³. Los resultados son los siguientes:

1. En primer lugar, algunas variables sólo son significativas para un tipo de red. Por ejemplo, los retardos de la especialización ($\beta_V=-0,14$) y la diversidad ($\beta_H=0,23$) en el sector “Minerales no energéticos e industrias químicas”.
2. En algunos casos, las variables son significativas para las dos especificaciones de la red, y tienen el mismo signo. Por ejemplo, en el sector “Energía y agua” el lag de la ocupación inicial en el sector: $0,1387 + 0,1436 = 0,2823$.
3. Otras veces, las variables son significativas para los dos tipos de red, y tienen signo contrario. En este caso, tienden a anularse, y el efecto agregado no será significativo cuando hagamos la estimación agregando ambas subredes. Por ejemplo, el lag de la especialización en “Otros servicios”: $-0,1596 + 0,1499 = 0,0047$.

³³ El software utilizado (*Econometric toolbox*) sólo permitía la estimación simultánea de un lag de la variable endógena. Una solución diferente era estimar ambas subredes por separado.

4. En dos de los sectores, solo resultan significativos los retardos de uno de los tipos de red. Es el caso de “Comercio, restaurantes, ...”, donde solamente son significativas las variables en las redes horizontales, y en el sector “Finanzas, seguros ...”, donde sólo son significativas las redes verticales. Este resultado nos está indicando que para algunos sectores puede ser significativo un tipo de estructura, y en el caso de las redes horizontales rompe de nuevo con los esquemas de los modelos de lugar central³⁴.

Tabla 6. Modelo mixto regresivo-regresivo espacial heterocedástico. Redes verticales y horizontales

Variable dependiente: Log (L ₁₉₉₆ /L ₁₉₈₆)					
	Energía y agua	Minerales no energéticos. Ind. químicas	Transf..Metales y mecánica de precisión	Otras industrias manufactureras	Construcción
Constante	-0,4379	1,4238	0,5852	-1,2155	1,3446**
Log Ocupación ₈₆	-0,1598**	-0,1066 *	-0,2006***	-0,2062 ***	-0,1374***
Log Dimensión ₈₆	0,2140***	0,2108 ***	0,1870***	0,1979 ***	0,1268***
Log Especializ. ₈₆	-0,3245***	-0,3701 ***	-0,2889***	-0,3335 ***	-0,4011***
Log Diversidad ₈₆	0,1800**	0,1713 **	0,1332**	0,0711 *	0,1573***
Log Población ₈₆	0,0574	0,0510	0,1165**	0,1484 ***	0,0611
Log Educación ₈₆	-0,1199	-0,1136	-0,1445	0,3705 **	-0,2848**
Log ?Resto ₈₆	0,6976***	0,7273 ***	0,6850***	0,5852 ***	0,4572***
WV* Log L ₈₆	0,1387**	0,1234	0,0885	0,0866	-0,1050*
WV* Log Dim ₈₆	-0,0335	-0,0255	0,0040	-0,0083	-0,0819
WV* Log Esp ₈₆	-0,1101	-0,1434 *	0,0196	0,1070	0,1093*
WV* Log Div ₈₆	0,0633	-0,1535	-0,1651	-0,2456 **	-0,2128**
WV* Log Pob ₈₆	-0,1231 *	-0,1220	0,0054	-0,0846	0,1587**
WV* Log Edu ₈₆	0,5550*	1,0736 **	0,0853	0,4700	0,0497
WV* Log ?Resto ₈₆	-0,2978	-0,3572	0,4495**	0,1693	0,4822***
WH* Log L ₈₆	0,1436**	0,1622 *	-0,0094	0,0143	0,2314***
WH* Log Dim ₈₆	-0,0393	-0,0182	-0,0301	0,0792 *	0,1328**
WH* Log Esp ₈₆	-0,0804	-0,0416	0,1477	0,0162	-0,0583
WH* Log Div ₈₆	0,2039**	0,2380 **	0,0001	0,0019	0,0935
WH* Log Pob ₈₆	-0,0848*	-0,1212 *	-0,0717	-0,0073	-0,2444***
WH* Log Edu ₈₆	0,0218	-1,0621 **	-0,2422	-0,2873	0,0165
WH* Log ?Resto ₈₆	0,0176	0,1188	-0,2822*	-0,1039	-0,2766**
?	0,1081***	0,1264 ***	0,1451***	0,1285 ***	0,1876***
R ²	0,5088	0,4994	0,4096	0,4914	0,5429
s ²	0,2022	0,2028	0,1427	0,0915	0,0507
LM-ERR ₇	0,3237	0,2768	0,0379	0,5855	22,368***

³⁴ Nótese que estos resultados y la conclusión que de ello se deriva tiene mucho sentido en estos dos sectores.

(continuación)

	Comercio, restaurantes y hostelería	Transportes y comunicaciones	Finanzas, seguros, servicios empresas y alquileres	Otros servicios
Constante	1,3146 **	-1,5420	-5,2804 ***	-1,4821 ***
Log Ocupación ₈₆	0,0029	-0,1497 **	-0,4019 ***	-0,1228 ***
Log Dimensión ₈₆	0,1322 ***	0,1720 ***	0,1428 ***	0,0997 ***
Log Especializ. ₈₆	-0,4942 ***	-0,3476 ***	-0,1153 ***	-0,3524 ***
Log Diversidad ₈₆	0,1765 ***	0,1501 **	0,1625 ***	0,1919 ***
Log Población ₈₆	0,0019	0,1693 ***	0,4559 ***	0,1388 ***
Log Educación ₈₆	0,3526 ***	-0,0791	1,3779 ***	0,7794 ***
Log ?Resto ₈₆	0,5574 ***	0,8003 ***	0,6567 ***	0,3237 ***
WV* Log L ₈₆	-0,0592	0,0267	0,1404 ***	0,1206 ***
WV* Log Dim ₈₆	-0,0066	-0,0078	0,1125 **	0,0138
WV* Log Esp ₈₆	0,0285	0,0682	-0,1183 **	-0,1596 **
WV* Log Div ₈₆	0,0228	-0,1850 *	0,2954 **	0,1688 **
WV* Log Pob ₈₆	0,0541	0,0094	-0,1678 ***	-0,1134 **
WV* Log Edu ₈₆	-0,1995	0,1349	-0,3473 *	0,0339
WV* Log ?Resto ₈₆	-0,1195	0,3679 **	0,0137	0,0582
WH* Log L ₈₆	0,2167 ***	-0,0550	0,0254	-0,0004
WH* Log Dim ₈₆	-0,0166	-0,0068	-0,0307	0,0254
WH* Log Esp ₈₆	-0,0290	0,1118	0,0031	0,1449 ***
WH* Log Div ₈₆	-0,0674	0,1734 **	0,0278	-0,0834 *
WH* Log Pob ₈₆	-0,1736 **	0,0589	0,0333	-0,0393
WH* Log Edu ₈₆	-0,1756	-0,3112	-0,0978	-0,0057
WH* Log ?Resto ₈₆	0,0363	-0,2610 *	0,0512	-0,0439
?	0,1350 ***	0,1655 ***	0,1090 ***	0,0468
R ²	0,5173	0,5675	0,6219	0,4902
s ²	0,0459	0,0879	0,0837	0,0451
LM-ERR ₇	2,5760	3,0365 *	9,5372 ***	0,4411

*** significativo al 1% ; ** significativo al 5%; * significativo al 10%
 Estimación bayesiana. Valor del prior $\tau=4$. Muestra: 389 municipios de Cataluña con relaciones de red (red principal). Fuente: elaboración a partir de Censos y Padrones (Idescat)

Por tanto, podemos concluir que al desagregar las redes en función de la jerarquía de sus flujos (redes verticales y horizontales) se encuentran efectos de economías y deseconomías externas asociados a ambos tipos de redes. El signo y la elasticidad de estas externalidades depende del sector y la variable. Algunas veces, la externalidad se asocia sólo a un tipo de red. Este hecho pone de manifiesto que, como sugiere el paradigma de las redes, los diagnósticos y políticas basadas en modelos de lugar central y jerarquías urbanas pueden ser inadecuados.

3.3. Redes de sinergia y complementariedad

Las redes de sinergia y complementariedad nos permiten comprobar si las economías de red se asocian a redes de municipios con estructuras productivas similares o diferentes. En las regresiones que mostramos a continuación, los resultados deben interpretarse como que la externalidad de red, basada en la complementariedad o en la sinergia, afecta a la ocupación del sector-municipio³⁵.

Para la estimación se ha seguido el mismo procedimiento que en el apartado anterior, y por tanto, los retardos espaciales de las variables explicativas recogen los efectos de sinergia y complementariedad. Los principales resultados son:

1. Se contrasta la existencia de economías y deseconomías de red asociadas a las redes de complementariedad y sinergia. Al igual que en las redes verticales y horizontales, estos efectos pueden ser “locales” (cuando sólo el coeficiente sólo es significativo para una de las redes) o “globales” (el coeficiente sólo es significativo cuando se consolidan ambas redes).
2. El retardo del coeficiente de especialización no es significativo para las redes de complementariedad, y en cambio lo es en cuatro de los nueve sectores de las redes de sinergia, pudiendo ser entonces positivo (“Finanzas, seguros,...”: $\beta_s=0,1450$) o negativo (“Construcción”: $\beta_s=-0,1577$). Este resultado parece reforzar la hipótesis de sinergia.

Tabla 7. Modelo mixto regresivo-regresivo espacial heterocedástico. Redes de complementariedad y sinergia

	Energía y agua	Minerales no energéticos. Ind. químicas	Transf..Metales y mecánica de precisión	Otras industrias manufactureras	Construcción
Variable dependiente: Log (L ₁₉₉₆ /L ₁₉₈₆)					
Constante	-0,3091	-0,3068	0,1086	-0,8625 **	0,5651
Log Ocupación ₈₆	-0,1854***	-0,1819***	-0,2705***	-0,1729***	-0,2163***
Log Dimensión ₈₆	0,2078***	0,2065***	0,1572***	0,1981***	0,1298***
Log Especializ. ₈₆	-0,2986***	-0,2991***	-0,1991***	-0,3549***	-0,3118***
Log Diversidad ₈₆	0,1283*	0,1234*	0,0992*	0,0528	0,1260***
Log Población ₈₆	0,1005**	0,0983**	0,1306***	0,1278***	0,1118***
Log Educación ₈₆	-0,0722	-0,0603	-0,2167	0,2581*	-0,0696
Log ?Resto ₈₆	0,6022***	0,6114***	0,5846***	0,5961***	0,4179***
WC* Log L ₈₆	0,0278	0,0327	-0,0251	0,0533	0,0856*
WC* Log Dim ₈₆	-0,0146	-0,0170	0,0347	0,0090	0,0163
WC* Log Esp ₈₆	0,0850	0,0815	0,1054	0,1175	-0,0587
WC* Log Div ₈₆	0,1984*	0,1905*	-0,1160	-0,1094*	0,1105*

³⁵ Podría pensarse que un efecto de sinergia debería manifestarse en la forma de un *spillover* de ese sector sobre el resto municipios, pero que en las redes de complementariedades este efecto no debería darse. Esta interpretación no es correcta, puesto, que aunque una red de sinergia se base en el intercambio de flujos sectoriales del mismo tipo, el efecto externo se extiende a resto de sectores.

WC* Log Pob ₈₆	-0,0507	-0,0556	0,0064	-0,0159	-0,0880*
WC* Log Edu ₈₆	-0,4685*	-0,4167	0,0050	-0,1041	0,0783
WC* Log ?Resto ₈₆	-0,2739*	-0,2814*	-0,1911	-0,0931	-0,0333
WS* Log L ₈₆	0,0134	0,0063	0,0977	-0,0415	0,0535
WS* Log Dim ₈₆	-0,0064	0,0010	0,1099*	-0,0147	0,1053
WS* Log Esp ₈₆	-0,0212	-0,0164	-0,0892	-0,0183	-0,1577**
WS* Log Div ₈₆	0,2433	0,2218	0,4576***	0,2070**	0,3775***
WS* Log Pob ₈₆	-0,0545	-0,0480	-0,1383*	0,0090	-0,1079**
WS* Log Edu ₈₆	-0,1089	-0,1108	-0,6920**	-0,2241	-0,3627**
WH* Log ?Resto ₈₆	-0,3747*	-0,3731*	-0,1552	-0,3513**	-0,1053
?	0,1269***	0,1266***	0,0798***	0,1436***	0,1240***
R ²	0,5094	0,5097	0,4260	0,5065	0,5456
s ²	0,1966	0,1973	0,1400	0,0880	0,0556
LM-ERR ₇	3,4615*	3,1463*	3,1787*	0,4473	34,5614***

(continuación)

	Comercio, restaurantes y hotelería	Transportes y comunicaciones	Finanzas, seguros, servicios empresas y alquileres	Otros servicios
Constante	0,2888	-0,4099	-4,3206***	-1,1201***
Log Ocupación ₈₆	-0,0240	-0,1554***	-0,3065***	-0,1152***
Log Dimensión ₈₆	0,1004***	0,1459***	0,1217***	0,0955***
Log Especializ. ₈₆	-0,4412***	-0,3346***	-0,1648***	-0,3354***
Log Diversidad ₈₆	0,1690***	0,0860*	0,1417**	0,1557***
Log Población ₈₆	-0,0008	0,1547***	0,3799***	0,1165**
Log Educación ₈₆	0,3269***	0,0200	1,2223***	0,6793***
Log ?Resto ₈₆	0,5488***	0,7784***	0,6444***	0,3133***
WC* Log L ₈₆	0,0323	0,0717*	0,0505	0,0133
WC* Log Dim ₈₆	-0,0522	-0,0617	0,1410***	0,0388
WC* Log Esp ₈₆	0,0275	0,0577	-0,0473	-0,0431
WC* Log Div ₈₆	-0,0077	0,0507	0,1576*	0,0164
WC* Log Pob ₈₆	-0,0149	-0,0302	-0,0684	0,0083
WC* Log Edu ₈₆	0,1009	-0,1234	-0,5096***	-0,1634
WC* Log ? Resto ₈₆	0,0066	0,0130	-0,2062*	-0,0838
WS* Log L ₈₆	-0,0726*	-0,1352**	-0,1079*	0,0677*
WS* Log Dim ₈₆	0,0101	0,0039	0,0244	-0,0358
WS* Log Esp ₈₆	0,0474	0,2743**	0,1450*	0,1436*
WS* Log Div ₈₆	0,0360	-0,2198	-0,2451*	-0,0565
WS* Log Pob ₈₆	0,0676	0,1975***	0,1347**	-0,0686
WS* Log Edu ₈₆	-0,2866	-0,7280***	-0,1630	0,0983
WH* Log ?Resto ₈₆	0,0788	0,5075***	0,3075**	0,1063
?	0,1124***	0,1169***	0,1435***	0,0166
R ²	0,4922	0,5709	0,6074	0,4934
s ²	0,0477	0,0856	0,0877	0,0480
LM-ERR ₇	12,3021***	0,0807	1,2863	0,3195

*** sign ificativo al 1% ; ** significativo al 5%; * significativo al 10%

Estimación bayesiana. Valor del prior $r=4$. Muestra: 389 municipios de Cataluña con relaciones de red (red principal). Fuente: elaboración a partir de Censos y Padrones (Idescat)

3.4. Redes de conocimiento

Las redes de conocimiento son una aproximación a la generación y difusión de conocimiento en los sistemas urbanos en la que convergen el paradigma de las redes de ciudades y el de la economía del conocimiento. Son muy pocos los trabajos dedicados a la medición de la economía del conocimiento en entornos urbanos, debido en parte a la dificultad de utilizar indicadores para la medición del mismo. Sin embargo, aunque se utilicen indicadores imperfectos, como la ocupación, la medida de la economía del conocimiento y las externalidades asociadas a las redes de conocimiento es un tema de gran interés.

Para la estimación de las redes de conocimiento se ha preferido utilizar una agregación de las actividades productivas basada en la economía del conocimiento, por resultar más coherente con el objeto de la medición. Este enfoque se basa en el trabajo de Trullén y Boix (2001b)³⁶, en el que se utiliza una agregación de los sectores de conocimiento alto y la red de ciudades por conocimiento alto.

La medición aplicada en la presente investigación evoluciona de forma notable respecto a Trullén y Boix (2001b):

1. La medición se hace para los agregados de conocimiento alto y conocimiento bajo (y no sólo para el agregado de conocimiento alto).
2. Se actualiza la clasificación de conocimiento para recoger los cambios en la clasificación de la OCDE (2001).
3. El procedimiento para identificar las redes es ligeramente diferente: en este caso se basa en flujos significativos filtrados por un umbral mínimo de 50 *commuters*, y no en flujos directores filtrados por un umbral mínimo de 100 *commuters*.
4. No se mide la conectividad de cada municipio en red (indicador de grado), sino el impacto de los vecinos de red sobre el crecimiento del municipio de referencia (no se mide cuanto se conecta, sino con quien lo hace).

Respecto a las regresiones sectoriales anteriores, se incluyen los siguientes cambios:

1. En vez de datos de Censos y Padrones se utilizan datos de afiliados al régimen general de la Seguridad Social. Este cambio se debe a que no es posible aplicar la clasificación de conocimiento con la desagregación sectorial que ofrecen los

³⁶ Op.cit.

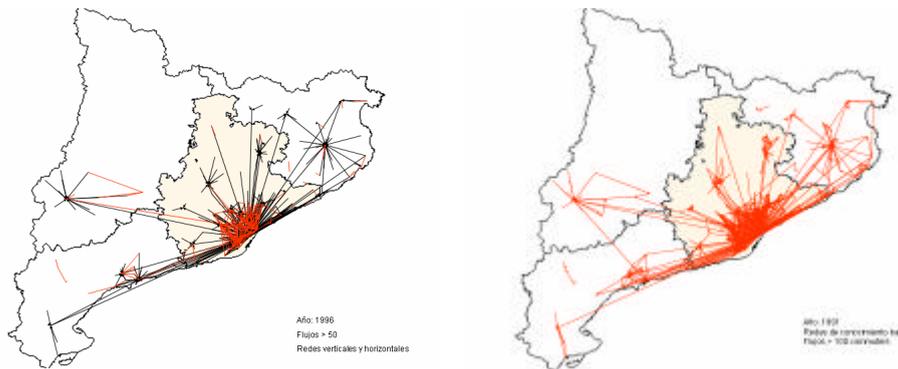
datos censales de 1986³⁷. Por tanto, y condicionado por los datos, la medición se aplica sobre la variación 1991-2001³⁸.

2. Los coeficientes de especialización y diversidad utilizados en las regresiones sectoriales son problemáticos cuando se aplican sobre sólo dos sectores. El coeficiente de especialización se ha sustituido por el porcentaje del agregado analizado sobre el total de ocupación del municipio (peso sobre la estructura ocupacional del municipio). El coeficiente de diversidad se sustituye por un coeficiente de diversidad global del municipio³⁹.
3. La muestra es también más pequeña que en el epígrafe anterior, e incorpora 250 municipios. Esto se debe a que sólo hay 250 municipios que son nodos en redes de conocimiento alto. Estos municipios también son nodos en redes de conocimiento bajo, puesto que estas clasificaciones no son excluyentes. De esta manera puede contrastarse el efecto de ambos tipos de redes sobre los mismos municipios.

Figura 1. Redes de conocimiento. 250 municipios de la muestra

a) Conocimiento alto

b) Conocimiento bajo



³⁷ Estos datos incorporan un sesgo de sede-filial, por lo que deberá tenerse especial cuidado en comprobar que no exista correlación espacial residual.

³⁸ No disponemos de series sectoriales detalladas de Seguridad Social para 1986.

³⁹ $HHI_c^{-1} = 1 / \sum_s \left(\frac{E_{cs}}{E_s} \right)^2$, donde c es el municipio y s el sector. El coeficiente se calcula sobre una base de 64 sectores. Cuanto mayor es este coeficiente, mayor es la diversidad.

3.4.1. Economías de concentración

Al igual que en las estimaciones sectoriales, el modelo muestra evidencia de economías de concentración en los agregados de conocimiento alto y bajo. La ocupación inicial tiene un coeficiente negativo y significativo en el agregado de conocimiento alto ($\beta = -0,25$), y no es significativa en el conocimiento bajo. Esto significa que un elevado nivel inicial de conocimiento alto tiene un efecto diferencial negativo. El signo coincide con el de las regresiones sectoriales anteriores, si bien una elasticidad tan elevada solo se encontraba en el sector de “Finanzas, seguros,...” ($\beta = -0,36$).

La dimensión inicial de empresa muestra un coeficiente positivo y significativo en el sector de conocimiento alto ($\beta = 0,10$), y no es significativa en el sector de conocimiento bajo.

La especialización inicial, medida como porcentaje del sector sobre el total de ocupación del municipio, muestra elasticidades negativas para ambos sectores ($\beta_{Alto} = -0,26$; $\beta_{Bajo} = -0,27$).

La diversidad inicial no es significativa en el sector de conocimiento alto, mientras que resulta significativa y con un coeficiente elevado en el sector de conocimiento bajo ($\beta = 0,29$). Este hecho quizás sea un poco sorprendente, puesto que una interpretación coherente con lo que se suele llamar hipótesis Jacobs (Jacobs 1969; Glaeser et al. 1992)⁴⁰ esperaría encontrar una relación positiva entre diversidad y crecimiento de los sectores de conocimiento alto. Sin embargo, Henderson et al. (1995) encuentran que este efecto sólo parece significativo para las nuevas industrias en rápido crecimiento (*new high-tech industries*), y éstas sólo se identifican cuando el nivel de desagregación sectorial es muy elevado (como mínimo a tres dígitos). Combes (2000a) sugiere que el impacto de la diversidad tiende a ser negativa para los sectores que llama “maduros”. En nuestro caso, un coeficiente significativo se interpreta como que los sectores de conocimiento bajo se benefician de la existencia de una gran variedad de sectores localizados en el mismo lugar. Este efecto puede relacionarse con la existencia de relaciones de demanda o con la existencia de *spillovers* de conocimiento entre sectores.

La población inicial del municipio es positiva y significativa para el sector de conocimiento alto ($\beta = 0,17$), mientras que no es significativa para los sectores de conocimiento bajo. El resultado es coherente con dos hechos: en primer lugar, cuanto mayor es la dimensión de la ciudad, las infraestructuras de comunicaciones y telecomunicaciones tienden a ser mejores, es mayor la probabilidad de encontrar centros de investigación, trabajadores cualificados y demanda para estas actividades; en segundo lugar, en las regresiones sectoriales la variable “población” no era significativa para algunos sectores típicamente de conocimiento bajo (como por ejemplo, “Comercio, restaurantes,…”).

⁴⁰ JACOBS, JANE (1969): The economy of cities. Johnatan Cape. London.

El coeficiente de la educación (capital humano) es positivo y significativo para los sectores de conocimiento alto, mostrando además una elasticidad muy elevada ($\beta=0,56$). En el sector de conocimiento bajo esta variable no aparece inicialmente como significativa en el modelo de retardo espacial (probabilidad = 0,13). Sin embargo, al estimar el modelo mixto regresivo-regresivo espacial (tabla 9), el coeficiente se muestra significativo ($p = 0,028$) y con una elasticidad elevada ($\beta=0,55$). Además, en este segundo modelo el coeficiente del sector de conocimiento alto incrementa hasta $\beta=0,74$. En ambos casos la interpretación es que el capital humano (media de años de educación en el municipio) tiene una elasticidad positiva y muy elevada sobre ambos sectores, especialmente sobre el de conocimiento alto.

Finalmente, el crecimiento del otro sector tiene un efecto diferencial negativo para ambos agregados⁴¹. La interpretación es que cuando el crecimiento del sector de conocimiento bajo es muy elevado, el crecimiento del conocimiento alto tiende a ser inferior a la media, y viceversa.

Nótese que pese a las diferencias en la fuente de datos, el período de medición y la agregación sectorial, los signos de los coeficientes tienden a ser los mismos que en las regresiones a 10 sectores (excepto para la variable de “crecimiento del otro sector”), y las diferencias en los coeficientes dan lugar a matices muy interesantes.

3.4.2. Efecto de las externalidades de red

El retardo de la variable dependiente (impacto del crecimiento del agregado en los municipios de la red con los que se tiene contacto directo) aparece inicialmente como positivo y significativo para el sector de conocimiento bajo, con un coeficiente $\beta=0,14$. Para el sector de conocimiento alto, esta variable resultaría significativa (con probabilidad = 0,12), y muestra un coeficiente menor $\beta=0,08$.

Sin embargo, cuando se incluyen los retardos de las variables explicativas los resultados cambian sustancialmente para las variables de red. En primer lugar, el retardo de red del sector de conocimiento alto resulta significativo, y con un coeficiente $\beta=0,13$ ⁴². En este caso, parece claro que el crecimiento del conocimiento alto en los municipios de la red de conocimiento alto genera una externalidad positiva.

En el sector de conocimiento alto aparece también como significativa el lag de red del crecimiento del sector de conocimiento bajo ($\beta=0,39$, con una probabilidad $p=0,9$). En este caso puede asociarse a efectos de demanda, o tal vez a procesos de descentralización.

⁴¹ En este caso, el coeficiente del resto de sectores incluye sólo al otro sector, y no al residuo formado por actividades primarias, energéticas y construcción.

⁴² Esto se debe a la inclusión de la variable de red de “Ocupación en el otro sector”. Al eliminar las variables redundantes, que causan un incremento de la colinealidad, el coeficiente β continúa siendo significativo.

En el sector de conocimiento bajo observamos otro resultado muy interesante. Al incorporar los retardos espaciales de las variables explicativas, desaparece la significatividad del coeficiente β (probabilidad = 0,32). Esto significa que, en este caso, la externalidad de red no la produce el crecimiento del conocimiento bajo en los municipios de la red de conocimiento bajo, sino los factores localizados inicialmente en estos municipios⁴³.

En este caso, se revela como significativo el retardo de la ocupación en conocimiento bajo en los municipios de red ($\beta=0,24$). La interpretación puede dirigirse bien hacia procesos de difusión del conocimiento a partir del nivel inicial de conocimiento bajo en la red, y también hacia procesos de descentralización de la actividad⁴⁴.

El retardo de la dimensión inicial de empresa resulta negativo y significativo ($\beta= -0,32$). En este caso, una elevada dimensión media de empresa en los municipios de red con los que se tiene contacto directo tiene un efecto negativo sobre el crecimiento del conocimiento bajo en el municipio. Esta hipótesis resulta coherente con el hecho de que el coeficiente de concentración de la dimensión de empresa no es significativo para el conocimiento bajo, pero sí lo es para el alto, y el crecimiento del conocimiento alto hemos visto como tiene un impacto diferencial negativo sobre el conocimiento bajo.

Al igual que sucedía con su homóloga de concentración, el retardo de la diversidad muestra un coeficiente significativo y con fuerte elasticidad ($\beta=0,71$).

Sobre estas estimaciones podemos concluir que el sector de conocimiento alto obtiene ventajas de la dimensión de empresa y externalidades positivas derivadas de la población, el capital humano y el propio crecimiento del conocimiento alto en los municipios de la red con los que tiene contacto directo.

Por su parte, el conocimiento bajo muestra efectos diferenciales positivos para el crecimiento de la ocupación derivados de la diversidad inicial y el capital humano del propio municipio, así como externalidades de red procedentes del conocimiento bajo y la diversidad en los municipios de la red.

⁴³ Este resultado indica lo acertado de la inclusión de los retardos de las variables explicativas, adicionalmente al de la endógena, a pesar de que es una opción poco utilizada en los trabajos empíricos.

⁴⁴ Estas hipótesis requieren una investigación más detallada.

Tabla 8. Modelo mixto regresivo-autorregresivo espacial de primer orden heterocedástico (modelo de retardo espacial). Redes de conocimiento

Variable dependiente: Log (L ₂₀₀₁ /L ₁₉₉₁)		
	Conocimiento alto	Conocimiento bajo
Constante	-0,8112	-0,5567
Log Ocupación ₉₁	-0,2572 ***	-0,0889
Log Dimensión ₉₁	0,1042 **	-0,0052
Log Especializ. ₉₁	-0,2693 ***	-0,2724 ***
Log Diversidad ₉₁	0,0954	0,2930 ***
Log Población ₉₁	0,1792 **	0,0023
Log Educación ₉₁	0,5652 **	0,3321
Log ?Resto	-0,3317 ***	-0,1857 ***
?	0,0888	0,1468 ***
R ²	0,3394	0,2323
s ²	0,1971	0,1762
LM-ERR ₂	0,8519	2,3976

*** significativo al 1% ; ** significativo al 5%; * significativo al 10%

Estimación bayesiana. Valor del prior r=4. Muestra: 250 municipios de Cataluña con relaciones en redes de conocimiento alto y bajo. Fuente: elaboración a partir de Censos y Padrones (Idescat) y Seguridad Social (Departament de Treball).

Tabla 9. Modelo mixto regresivo-regresivo espacial heterocedástico. Redes de conocimiento

Variable dependiente: Log (L ₂₀₀₁ /L ₁₉₉₁)		
	Conocimiento alto	Conocimiento bajo
Constante	1,1680	0,3008
Log Ocupación ₉₁	-0,2994 ***	-0,1046
Log Dimensión ₉₁	0,1227 ***	0,0159
Log Especializ. ₉₁	-0,2137 **	-0,3111 ***
Log Diversidad ₉₁	0,0708	0,2202 **
Log Población ₉₁	0,1991 ***	0,0400
Log Educación ₉₁	0,7414 ***	0,5541 **
Log ?Resto	-0,3685 ***	-0,1606 **
W* Log L ₉₁	0,1539	0,2459 **
W* Log Dim ₉₁	0,0299	-0,3243 **
W* Log Esp ₉₁	-0,0412	-0,1497
W* Log Div ₉₁	-0,0990	0,7181 ***
W* Log Pob ₉₁	-0,1424	-0,2607 **
W* Log Edu ₉₁	-0,9114	-1,5496 ***
W* Log ?Resto	0,3932 *	0,0272
?	0,1307 ***	0,0528
R ²	0,3376	0,2993
s ²	0,1957	0,1615
LM-ERR ₂	3,3924 *	0,0197

*** significativo al 1% ; ** significativo al 5%; * significativo al 10%

Estimación bayesiana. Valor del prior r=4. Muestra: 250 municipios de Cataluña con relaciones redes de conocimiento alto y bajo. Fuente: elaboración a partir de Censos y Padrones (Idescat) y Seguridad Social (Departament de Treball).

3.5. Otras cuestiones pendientes

3.5.1. Los efectos de red indirectos y la longitud de los retardos de red

En las estimaciones anteriores se ha utilizado el vecindario de red de primer orden, es decir, los municipios con los que se tiene una conexión directa de red. Sin embargo no se ha tratado explícitamente la longitud de red de los impactos, es decir ¿los mayores impactos los transmiten los municipios “vecinos de red”? ¿Existen impactos indirectos asociados a los vecinos de segundo y tercer orden, incluso de órdenes superiores?

Esta pregunta es relevante. Para responderla se han calculado las matrices de contactos acumulados desde orden 1 a 4, donde 1 indica que todas las relaciones entre los municipios son directas, mientras que en la matriz de orden 2 se añaden los vecinos de sus vecinos, y así sucesivamente⁴⁵. Las estimaciones del modelo de retardo espacial (modelo mixto regresivo-autorregresivo) muestran tres patrones de comportamiento: en los sectores industriales, el coeficiente β , que consideramos que aproxima las externalidades de red, crece fuertemente hasta el tercer retardo, a partir del cual comienza a decrecer, puesto que se añaden municipios que no generan ninguna externalidad, pero en cambio reducen la elasticidad; en segundo lugar, en los sectores de servicios (excepto “Comercio, restaurantes y hotelería”) el coeficiente flexiona a la baja a partir del segundo retardo; finalmente, en el sector de “Construcción” el comportamiento muestra un comportamiento ligeramente creciente hasta el tercer retardo, a partir del cual se mantiene, y el sector de “Comercio, restaurantes y hotelería” continúa creciendo significativamente.

Se necesita investigar con más detalle estos aspectos, pero los resultados sugieren que:

1. Las externalidades de red se transmiten de forma directa e indirecta, por lo que muestran la propiedad de transitividad propia de las redes.
2. La longitud en que afecta este retardo depende del tipo de sector, y suele ser incremental hasta el segundo retardo en los servicios (excepto “Comercio...”), hasta el tercer retardo en los sectores industriales. En “Construcción” y “Comercio...” los efectos se mantienen como mínimo hasta el cuarto retardo.
3. Por tanto, una medida más precisa de las externalidades de red sugiere incorporar también estos retardos y estudiar sus efectos sobre las variables de red, y su comportamiento en cada nivel.

⁴⁵ Sobre cómo calcular correctamente estos retardos, véase Anselin (1988, Op.cit. p.16-29).

Tabla 10. Lag de red de orden 1 a 5 del logaritmo del crecimiento de la ocupación en el sector municipio (?). Modelo mixto regresivo-autorregresivo heterocedástico. Red principal

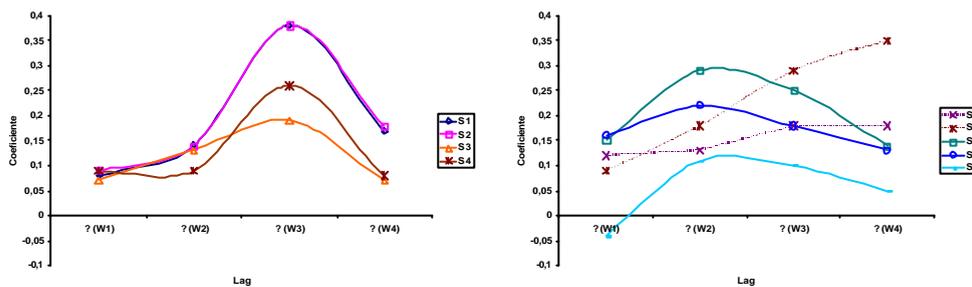
Lag acumulado	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
? (w1)	0,08 ***	0,09 ***	0,07 **	0,09 ***	0,12 ***	0,09 ***	0,15 ***	0,16 ***	-0,04
? (w2)	0,14 ***	0,14 ***	0,13 ***	0,09 *	0,13 ***	0,18 ***	0,29 ***	0,22 ***	0,11 *
? (w3)	0,38 ***	0,38 ***	0,19 ***	0,26 ***	0,18 ***	0,29 ***	0,25 ***	0,18 ***	0,10
? (w4)	0,17	0,18	0,07	0,08	0,18 ***	0,35 ***	0,14 ***	0,13 ***	0,05

*** significativo al 1% ; ** significativo al 5%; * significativo al 10%
 Estimación bayesiana. Valor del prior $r=4$. Muestra: 389 municipios de Cataluña con relaciones de red (red principal). Fuente: elaboración a partir de Censos y Padrones (Idescat)

Figura 2. Lag de red de orden 1 a 4 del logaritmo del crecimiento de la ocupación en el sector municipio (?). Red principal

a) Sectores industriales

b) Construcción y servicios



Fuente: Elaboración a partir de Censos y Padrones (Idescat)

3.5.2. Proximidad versus red

En los últimos años se han incorporado al debate sobre externalidades los términos “economías de proximidad” y “economías de distancia” (Amin 2000)⁴⁶, para referirse al hecho que algunas economías se generan en ámbitos geográficos próximos, mientras que otras se generan entre lugares distantes en el espacio. De una forma similar, no es extraño que se identifique a las redes de ciudades con economías de “no proximidad”, o al menos generadas en ámbitos geográficos no contiguos.

Al identificar las redes de ciudades de Cataluña (capítulo 5) podía visualizarse en los mapas como algunas de las relaciones de red se generaban entre municipios contiguos, y otras entre municipios no contiguos. ¿Se generan también las

⁴⁶ 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.

externalidades de red en los dos tipos de distancia geográfica? Para responder a esta pregunta, hemos diferenciado la red principal en dos subredes: la primera recoge sólo aquellas relaciones de red que se dan entre municipios contiguos; la segunda recoge las que se dan entre municipios no contiguos. El 46% de las relaciones de la red principal son de contigüidad, mientras que el 54% son de no contigüidad. En la tabla 11 se muestran los resultados del coeficiente de la variable endógena desfasada (λ)⁴⁷. Las principales conclusiones que se obtienen son:

1. Tanto los coeficientes de las redes de contigüidad como los de las redes de no contigüidad son significativos. Pueden tener signo contrario (con lo que el efecto medio tiende a disminuir o a perder significatividad), o tener el mismo signo, con lo cual el efecto global tiende a reforzarse. No existe un predominio claro de ninguno de los dos efectos.
2. Sin embargo, el análisis de redes no adopta un paradigma geográfico-físico, sino económico-relacional. Esto significa que lo que determina la red es la interacción significativa entre sus municipios. La distancia física entre los municipios de la red (kilómetros, tiempo) puede ser un determinante de esta interacción, aunque no tiene por qué identificarse unívocamente con la misma.
3. De nuevo aparece la diferenciación entre efectos locales y globales en la red. Por ejemplo, en los sectores S1 (Energía y Agua) y S2 (Minerales no energéticos e industrias químicas), el coeficiente global positivo y significativo ($\lambda = 0,125$) esconde un efecto positivo de las “redes de proximidad” ($\lambda = 0,155$), pero negativo de las redes de “no proximidad” ($\lambda = -0,125$). Por tanto, en las mediciones de las externalidades de red deberán tenerse en cuenta estos efectos.

Tabla 11. *Redes de ciudades y proximidad geográfica. Coeficientes del lag de red de la de la variable endógena (λ). Modelo mixto regresivo-regresivo espacial heterocedástico*

Matriz\Sector	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
Red principal									
▪ Total	0,125***	0,127***	0,159***	0,129***	0,201***	0,145***	0,165***	0,119***	-0,015
▪ Sólo relaciones de contigüidad	0,154***	0,155***	0,127***	0,126**	0,157***	0,125***	0,155***	0,088***	-0,003
▪ Sólo relaciones de no contigüidad	-0,125***	-0,125***	0,130***	0,124***	0,153***	0,116**	0,127***	0,113**	0,122**

*** significativo al 1% ; ** significativo al 5%; * significativo al 10%

Estimación bayesiana. Valor del prior $\tau=4$. Muestra: 389 municipios de Cataluña con relaciones de red (red principal). Fuente: elaboración a partir de Censos y Padrones (Idescat)

⁴⁷ Se resumen los resultados sobre el coeficiente λ , aunque se estima un modelo mixto regresivo-regresivo espacial (incluyendo el lag de la endógena y las explicativas). Ambos coeficientes se estiman en regresiones separadas, donde se incluyen las explicativas de ambas subredes, debido a que no se dispone de ningún software capaz de realizar la estimación conjunta. Al incluir las explicativas desfasadas de la otra subred, el efecto de sesgo se minimiza.

4. BONDAD, CONVERGENCIA Y VALORACIÓN CRÍTICA DE LAS ESTIMACIONES

4.1. Bondad de la estimación

La **bondad de la estimación** puede contrastarse con el R^2 y la varianza residual de las regresiones (Le Sage, 1999). El valor del R^2 oscila entre 0,34 y 0,57 para las estimaciones basadas en datos censales (aunque usualmente se sitúan entre 0,4 y 0,5), y entre 0,29 y 0,33 para las estimaciones basadas en datos de asalariados (economía del conocimiento). Estos valores denotan que los ajustes son buenos, si bien son notablemente más altos con los datos censales para el período 1986-1996.

4.2. Estimaciones bayesianas

En relación del método bayesiano, Le Sage (1999a p.142-146)⁴⁸ sugiere que al tratarse de un método robusto, suele penalizar ligeramente la bondad del ajuste respecto a otros métodos como máxima verosimilitud.

Respecto a la información inicial que necesita el modelo, cuando se conoce a priori la existencia de perturbaciones heteroscedásticas y de *outliers*, Le Sage (1999, p.107-108) recomienda utilizar un valor de partida del **hiperparámetro** independiente r entre 2 y 7. Esto permite que v_i se desvíe de su valor inicial de uno. En este caso, al igual que Le Sage (1999a, p.108) se ha fijado este valor en $r=4$. Valores del parámetro superiores a 30 producen que los términos de v_i se acerquen a la unidad, y en este caso los resultados de las estimaciones del modelo bayesiano serán muy parecidas a las obtenidas por máxima verosimilitud.

En lo referente a la convergencia, se ha partido de un número inicial de muestras (*draws*) de 1500, con una omisión de 1 (aunque ralentiza el proceso, asegura mayor fiabilidad). La adecuación de la convergencia se ha testado utilizando cuatro tipos de contrastes para cada cadena de parámetros β y s (Le Sage 1999, p.124-134): estimación de la autocorrelación; diagnósticos de Raftery-Lewis sobre una significatividad del 5%; diagnósticos de Geweke sobre los errores numéricos estándar y la eficiencia estándar.

4.3. Colinealidad

La colinealidad se define como la existencia de relaciones lineales entre las variables explicativas del modelo. El principal problema asociado a la colinealidad es que provoca un incremento de la varianza de los parámetros estimados y empeora la precisión de estos parámetros y la fiabilidad de los contrastes de hipótesis. La existencia de colinealidad se ha comprobado utilizando el número de

⁴⁸ Op.cit.

condición (Anselin 1992, p.174)⁴⁹ y el método de proporciones de descomposición de la varianza de Belsley, Kuh, and Welsch (Le Sage 1999b, p.85-86)⁵⁰. El método bayesiano de estimación implementado es más robusto frente a este problema que el método de mínimos cuadrados o la máxima verosimilitud. Sin embargo, no es inmune a que una variable no significativa pueda tomar parte de la significatividad de otra, causando que esta no alcance el nivel de significatividad prefijado. En las regresiones efectuadas, los diagnósticos de colinealidad revelan que ésta incrementa al incluir las variables exógenas espacialmente desfasadas⁵¹.

En los resultados que se ofrecen se ha preferido la comparación entre estimaciones idénticas a eliminar completamente la colinealidad. Sin embargo, en un sentido estricto, para cada sector el modelo final estimado debería eliminar las variables colineales, seleccionando aquellas más correctas. Esto habitualmente se logra partiendo de los resultados de un análisis factorial o eliminando selectivamente las variables no significativas y contrastando los resultados. Las pruebas que se han efectuado siguiendo este procedimiento han demostrado que en conjunto, los resultados no sufrían de grandes cambios al eliminar las variables colineales de cada estimación⁵², pero que en determinados casos, la eliminación de determinadas variables no significativas propiciaba que otra alcanzara unos niveles de significatividad aceptables.

4.4. Lag y correlación espacial en los residuos

La forma del modelo teórico sugiere el uso de un modelo de retardos espaciales para recoger los efectos de las externalidades de red⁵³. En este caso, Moreno y Vayá (2000, p. 106)⁵⁴ sugieren como estrategia más adecuada la estimación directa del modelo y el contraste de la significatividad de las variables de red. Adicionalmente, aconsejan controlar la presencia de restos de correlación espacial residual por si debe especificarse algún tipo de estructura para los errores (SAR o SMA).

⁴⁹ Op.cit.

⁵⁰ Op.cit. La elaboración de una tabla de correlación entre variables es una aproximación local útil para comenzar a controlar el problema. Anselin (1992, Op.cit, p.174) sugiere también sospechar de problemas de colinealidad cuando encontramos un elevado R^2 y un bajo número de coeficientes significativos, si bien este no era nuestro caso.

⁵¹ Este problema es habitual cuando se amplía el número de variables en un modelo, especialmente si los resultados de un *cross-section* mostraban ya un ajuste elevado con anterioridad a la expansión de variables.

⁵² Obviamente, esta valoración es la que ha decidido que al final se ofrezcan los resultados de los modelos estimados con todas las variables. Si en la mayoría de regresiones la eliminación de la colinealidad hubiera supuesto cambios decisivos, se deberían haber ofrecido los resultados limpios de colinealidad.

⁵³ Cuando no se tiene un modelo teórico predefinido, la mayoría de análisis que utilizan el enfoque de la econometría espacial suelen contrastar la presencia de correlación sustantiva (lag) y residual (error) en el modelo para decidir la especificación final del mismo. Aunque en nuestro caso partimos de un modelo teórico predefinido, estos contrastes fueron calculados y se estudiaron sus resultados.

⁵⁴ MORENO, ROSIÑA Y ESTHER VAYÁ (2000): Técnicas econométricas para el tratamiento de datos espaciales: la econometría espacial. Edicions Universitat de Barcelona.

En nuestro caso, el modelo se ha estimado bajo la hipótesis de que $e \sim N(0, s^2 I)$. Si la especificación del modelo es la correcta, no deben quedar restos de dependencia espacial en los residuos. Siguiendo a Anselin (1988 p.103-104; 1992 p.192-193) puede implementarse un contraste de multiplicadores de Lagrange para contrastar restos de correlación residual en el modelo de *lag*. Este test toma la forma:

$$LM(ERR)_r = \frac{(e' W e / s^2)^2}{\{tr(W' W + W^2)(I - r W)^{-1} var(r)\}} \sim c_1^2 \quad [7]$$

, donde e son los residuos de la estimación del modelo de *lag*, s^2 la varianza estimada de error, W la matriz de contactos, y $var(?)$ la varianza asintótica estimada para el coeficiente espacial autorregresivo.

En algunos casos, los resultados del contraste indicaban aparentemente restos de correlación espacial residual. Una investigación más detallada sobre los determinantes de la este coeficiente y su significatividad revelaron que en realidad el resultado se asociaba errores en la especificación del modelo, especialmente con la colinealidad y la sobre-especificación del modelo⁵⁵. Al eliminar las variables no significativas o colineales, o desagregar las redes, el contraste rechaza rápidamente la existencia de error espacial residual. Alternativamente, la estimación incluyendo un residuo con estructura autorregresiva permite comprobar un empeoramiento del modelo estimado, en la forma de incremento significativo de la varianza residual y caída relevante del coeficiente de determinación⁵⁶.

4.5. Valoración crítica de las estimaciones

La valoración crítica de los resultados se dirige hacia aquellos puntos en los que pueden encontrarse problemas potenciales, o al menos, merecen alguna discusión al respecto: los datos originales, la muestra de municipios, la agregación sectorial, la elección de variables, las matrices de contactos, la interpretación de las variables desfasadas en red, la constancia estructural en tiempo y espacio, y la relación con la productividad.

1. Los resultados de las estimaciones dependen en gran medida de la **calidad de los datos**. En las pruebas con diferentes bases de datos, los datos de base censal han

⁵⁵ El estadístico no es robusto a estos problemas. Este comportamiento es similar al que se observa en un estadístico Durbin-Watson en un modelo *cross-section* estándar, con la diferencia de que el contraste de error espacial parece ser extremadamente sensible. Este comportamiento de los estadísticos de error se aborda de forma más detallada en un reciente artículo de McMillen (2003). McMILLEN, DANIEL (2003): "Spatial autocorrelation or model misspecification?", *Internacional Regional Science Review*, 26,2, p. 208-217.

⁵⁶ Los modelos estimados por ML rechazan la significatividad del parámetro. Los modelos de error bayesianos tienden a mostrar este parámetro como significativo, pero causando grandes problemas en el ajuste, y mostrando recusivamente coeficientes de error con el mismo valor.

demostrado mejores propiedades que los basados en afiliados al régimen general de la Seguridad Social.

Además, en posteriores ampliaciones de la investigación sería deseable disponer de datos desagregados de empresa. Una opción es partir de datos de ocupados por empresa, en vez de de datos agregados por municipio. El Ministerio de Economía y Hacienda dispone de esta información (incluyendo salarios), aunque la trata como sensible y no la pone a disposición de los investigadores con un nivel de desagregación suficiente. El uso de esta base de datos permitiría un tratamiento mucho más detallado de las variables asociadas con las economías externas, y tratar otro tema importante: el sesgo de agregación municipal. Este sesgo presupone que la agregación de las empresas a nivel municipal alisa los comportamientos, y por tanto, puede sesgar los resultados de las estimaciones desde la información original. En segundo lugar, el uso de balances detallados de empresas, habilita construir verdaderas funciones de producción, lo que permitiría una relación mucho más estrecha con la productividad^{57,58}.

2. Respecto a la **muestra** de municipios utilizada, ha venido determinada por los municipios que pertenecen a la red de ciudades principal en el año 1986, o en las estimaciones por economía del conocimiento por los municipios que pertenecen tanto a redes de conocimiento alto como bajo. Estos municipios representan más del 94% de la población y ocupación de Cataluña. Esta selección implica una cierta correlación con la dimensión de los mismos. Aunque no se ha contrastado explícitamente la presencia de sesgo de selección muestral, las pruebas con el conjunto de municipios sugieren que el gran número de municipios de reducido tamaño que existe en Cataluña requieren un tratamiento aparte debido a factores como la inexistencia de ocupación en muchos sectores (obliga a utilizar otras técnicas de estimación).

Además, es necesario recordar de nuevo que los resultados de los coeficientes son **diferencias sobre la media del ámbito territorial de referencia**. Por tanto, sugiere repetir las estimaciones utilizando conjuntamente muestras municipio/sector de diferentes regiones europeas y, esta vez sí, utilizar separadamente regresiones para cada región, para el total de la muestra, y un método de regímenes espaciales para modelar las economías de concentración y red, lo que mostraría resultados comparados de gran interés⁵⁹.

3. La **agregación sectorial** puede estar encubriendo comportamientos específicos de subsectores. Si bien Moomaw (1998)⁶⁰ encuentra que los resultados globales no

⁵⁷ Actualmente se trabaja en esta dirección. La información detallada de empresa aún se proporciona a nivel muestral. Sin embargo, para algunos subsectores pueden obtenerse muestras altamente representativas. Es de esperar que en pocos años la informatización de los registros permita disponer de datos detallados del universo de empresas.

⁵⁸ Otra sugerencia diferente se relaciona con enfocar las mediciones no desde el punto de vista de la producción, sino de la utilidad, lo que proporcionaría una visión complementaria, y requeriría el uso de datos de otro tipo.

⁵⁹ Este aspecto se ha valorado, y se espera la aparición de los datos del censo de 2001 para ampliar el trabajo incluyendo varias regiones europeas.

⁶⁰ Op.cit.

tienen por qué variar, sería interesante contrastar los cambios desagregando cada sector. Aunque globalmente la línea de razonamiento de la investigación se mantiene, también resulta diferente la interpretación de los resultados en clave de sectores productivos o de economía del conocimiento, aunque en este caso, los condicionantes teóricos de cada clasificación son diversos. Una opción en este sentido es incorporar los datos del censo de 2001 cuando estén disponibles, puesto que son homogéneos con los de 1991 y pueden desagregarse a 3 dígitos.

4. La **elección de variables** puede condicionar los resultados finales de la estimación. Además de las consideraciones teóricas de cada investigación, el uso de uno u otro indicador viene determinado por la información disponible y el grado de colinealidad con otros indicadores. Este último hecho a menudo obliga a elegir entre una u otra variable al no poder separar el efecto de ambas. La elección de variables requiere también discutir cómo se construyen estas, y el efecto real que recogen. En la medición efectuada, el objetivo principal no era recoger un elevado número de efectos, sino comparar un pequeño número de estos efectos en relación a las economías de concentración y las economías de red. Es por esto que se han utilizado pocas variables, y se ha cuidado que su construcción se relacionara lo más posible con el efecto que se quería medir. Una posible vía de exploración en este campo es estimar diferentes modelos que aproximen diferentes aspectos del crecimiento, como en Henderson et al. (1995), de forma que podamos incluir algunas variables interesantes que se han omitido por ser excesivamente colineales.

5. Las **matrices de contactos** se han especificado como binarias (0,1), donde un valor uno significa que existe una interacción significativa entre dos municipios. La elección de matrices binarias se debe a que la información disponible para identificar las redes se considera insuficiente para especificar la intensidad de la interacción. Es plausible pensar que si se pudieran asignar ponderaciones a las matrices de contactos iniciales, los resultados de la estimación podrían cambiar.

Otro tema adicional es sobre qué año se aplica la matriz de contactos cuando la variable dependiente está expresada en un año t , y las explicativas en $t-1$. En nuestro caso se ha considerado que las variables explicativas de red se referían al año inicial⁶¹.

6. La **interpretación de las variables desfasadas en red** se relaciona en parte con la especificación de la matriz de contactos. Tal como está especificada la matriz de contactos en la presente investigación, los *lags* de red de las variables explicativas se interpretan como la media ponderada de la variable en el entorno de red. En los textos especializados en econometría espacial suele recomendarse la estandarización de las matrices, lo que permite interpretar la variable de red como la media del impacto. Además, no suelen incluirse las autorrelaciones (la diagonal principal de la matriz de contactos es cero), lo que plantea dudas alrededor de algunas variables, como la dimensión poblacional de la red: ¿lo realmente

⁶¹ Sin embargo, esto no es tan claro para el caso del *lag* espacial en la variable dependiente ni del término de error espacialmente correlacionado, puesto que se evalúan en el año final. A pesar de todo, como evolución de la estructura urbana es lenta, las diferencias entre utilizar la matriz de contactos en el año inicial o final deberían ser muy grandes.

importante es el volumen medio de ocupación del entorno de red, o la dimensión total de la red? Estas cuestiones sugieren que deben establecerse controles, tanto teóricos, como en simulaciones, y en otras estimaciones empíricas, para determinar en que manera cambian los resultados. El objetivo es la especificación del efecto de red de la forma más consistente con lo que se quiere medir.

7. La **constancia estructural en el tiempo y el espacio** merece algunos comentarios adicionales. En ambos casos, el problema refiere a si los parámetros se mantienen constantes para diferentes partes de la muestra, en el primer caso a lo largo del tiempo, y en el segundo a lo largo del espacio. Con respecto a la constancia estructural en el tiempo, no se ha testado explícitamente para los modelos finales utilizados. Se testó en las pruebas previas utilizando un contraste de Chow sobre las submuestras por períodos quinquenales, y sobre el total de sectores agregado, sin mostrar señales evidentes de que debieran estimarse por separado dos cortes temporales. Sin embargo, es posible que para algunos sectores o especificaciones se encuentren comportamientos diferentes para ambos subperíodos, lo que sugeriría que sería más adecuado estimarlos por separado. Enlazando este problema con el punto anterior, la posibilidad de estimar un modelo de panel con efectos temporales resulta una propuesta interesante⁶².

Por su parte, la constancia estructural en el espacio se contrastó utilizando el método de regímenes espaciales (Anselin 1992, p. 235-239)⁶³. Para este propósito se usa una versión adaptada del estadístico de Chow-Wald (Anselin 1988, p.122-123), corregido para ser válido ante la posible presencia de correlación espacial residual, sobre diversos subconjuntos territoriales. Los resultados mostraban que, en determinados casos, la hipótesis nula global de igualdad en los coeficientes podía rechazarse, y localmente también se rechazaba en algunos coeficientes y algunas estimaciones por separado⁶⁴. Por tanto, se sugiere para un futuro la posibilidad de utilizar métodos de cliques⁶⁵ combinados con regímenes espaciales en los que se divide la red de ciudades en subredes a partir de algún criterio de afinidad o cohesión.

8. La **relación con la producción y la productividad** se ha establecido mediante los modelos de Glaeser et al (1992) y Henderson et al. (1995), que utilizan una reducción a una ecuación de mercado de trabajo. Esto significa utilizar una pseudo-función de producción en vez de una verdadera función de producción, y por tanto

⁶² Esta posibilidad requiere la programación de rutinas específicas del modelo espacio-temporal, y su relación adicional con técnicas robustas de estimación. Hasta hace poco tiempo era posible acceder a un módulo de panel para el *SpaceStat* en su propia web. Su funcionalidad era limitada y el módulo no se encuentra actualmente accesible.

⁶³ Op.cit.

⁶⁴ También es frecuente encontrar estimaciones que utilizan este método para eliminar o atenuar la heterogeneidad espacial. En nuestro caso, existen al menos tres razones que llevan a rechazar una especificación en regímenes: la no existencia de un patrón estructural global, la preferencia por la especificación de un modelo simple en cuanto al número de variables y restricciones, y el uso de procedimientos de estimación robustos a la heterogeneidad espacial.

⁶⁵ Un clique es una parte de la red. Véase el anexo 2 en relación con los términos relacionados con la teoría de sistemas.

la relación final entre la ecuación estimada y la productividad es débil⁶⁶. Sobre este punto deben establecerse dos consideraciones: en primer lugar, desde el punto de vista de los agentes locales, el incremento estructural de la ocupación constituye de por sí una buena aproximación (aunque parcial) al desarrollo económico. En segundo lugar, es recomendable utilizar datos a nivel de empresa-sector-municipio y funciones de producción completas para un modelado robusto de la relación entre economías de concentración y economías de red⁶⁷.

⁶⁶ A pesar de todo, De Lucio et al. (1998) encuentran que el uso de datos de valor añadido valida los resultados obtenidos con este tipo de metodología por los mismos autores (1996) utilizando la ocupación como *proxy* del crecimiento.

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.

⁶⁷ Esta aproximación comienza a ser posible al incrementarse el número de registros de las bases de datos de empresa, y el detalle de las mismas. Actualmente se está trabajando en este sentido construyendo una base de datos de registros cruzados para modelar a partir de la metodología expuesta la relación entre productividad, competitividad y economías internas/externas, y de concentración/red.

7. CONCLUSIONES

El capítulo se ha centrado en la medida de las externalidades de red, a partir de los desarrollos teóricos de los capítulos 1 y 2, las redes de ciudades identificadas en el capítulo 5 y las metodologías de medida de red diseñadas en el capítulo 6.

Se ha estimado un modelo de crecimiento que permite la medida simultánea de economías de empresa, economías externas de concentración y economías de red. Este modelo se ha estimado sobre la red principal de ciudades, su desagregación en redes verticales/horizontales y complementariedad/sinergia, además de sobre las redes de conocimiento. Las principales conclusiones que se derivan de las estimaciones son:

1. Se encuentra evidencia de economías de red. Estas economías se relacionan con el crecimiento del propio sector en los municipios de la red (efectos de sinergia), y con factores localizados en estos municipios.
2. Las economías de red pueden ser positivas o negativas (deseconomías). Las elasticidades de los coeficientes estimados (red principal) oscilan entre $\alpha=0,07$ y $\alpha=0,20$ para el efecto del crecimiento de la ocupación en el sector en otros municipios de la red, y entre $\alpha=-0,17$ y $\alpha=0,19$ para los factores localizados en otros municipios.
3. Además, se encuentra evidencia de economías de concentración (internas y externas) junto a las de red, y con elasticidades entre $\beta=-0,49$ y $\beta=1,33$. Los impactos de las economías de concentración y de red pueden tener el mismo signo (con lo que tienden a reforzarse) o signo distinto (con lo que se compensan o anulan).
4. Al separar la red principal en función de la jerarquía de los flujos o su relación con la externalidad, se encuentra evidencia de externalidades asociadas a las redes verticales y horizontales, y a las de complementariedad y sinergia. Además, se observa que algunos comportamientos son “globales” (los coeficientes de red sólo son significativos para la red principal), mientras que otros son “locales” (sólo se manifiestan al matizar la naturaleza de los flujos).
5. En las redes de conocimiento convergen el paradigma de las redes de ciudades y el de la economía del conocimiento. Se encuentran evidencias de externalidades de red asociadas a las redes de ciudades en la generación y difusión del conocimiento. En los sectores y redes de conocimiento alto estas economías de red son positivas y se asocian al incremento del conocimiento alto en los municipios de la red. En los sectores y redes de conocimiento bajo, las externalidades de red pueden ser

positivas o negativas, y se relacionan con las características y factores localizados en los municipios de la red.

6. Parece necesario mejorar la calidad de los datos para conseguir estimar con la mayor precisión los efectos de las economías externas de red en términos de productividad, así como trabajar con mayor detalle alguno de los aspectos propuestos de cara a incrementar nuestro conocimiento de las redes de ciudades y de las economías externas de red.

CAPITULO 8 – POLÍTICAS ASOCIADAS A LAS REDES DE CIUDADES

0. INTRODUCCIÓN

A lo largo de los capítulos anteriores hemos expuesto las teorías de redes de ciudades y su relación con el crecimiento y el desarrollo económico mediante el mecanismo de externalidades. El objetivo de este capítulo es introducir una breve reflexión sobre las redes de ciudades en relación con el diseño e implementación de políticas económicas asociadas al territorio. Debido a que la complejidad del tema necesitaría por sí misma de un volumen concreto, aquí solo se expondrán las líneas principales.

1. HACIA UNA NUEVA ESTRATEGIA ECONÓMICO-TERRITORIAL

Desde los años 50 se han sucedido varias generaciones de políticas económicas de base territorial (Amstrong y Taylor 1985)¹. En los años 1950 y 60s el diagnóstico era de desequilibrio territorial, en un marco de estados-nación. La visión de las externalidades a partir de Meade y Scitovsky se plasmó en políticas basadas en la gran empresa pública como motor del desarrollo regional². En los años 1970's los diagnósticos eran de crisis industrial y agotamiento del modelo de desarrollo basado en la gran empresa, y como respuesta aparecen los estudios sobre segmentación productiva y flexibilidad (Piore y Sable) y los estudios sobre vías alternativas de desarrollo (Fuà, Brusco, Becattini). En este contexto se utilizan instrumentos como los centros tecnológicos, los parques científicos y la planificación estratégica. Desde mediados de los años 1990s los diagnósticos ponen énfasis en el proceso de internacionalización, la sostenibilidad económica y la economía del conocimiento, así como en la ciudad como unidad de aplicación de las políticas urbanas asociadas con el desarrollo.

Camagni y Gibelli (1993)³ analizan la evolución de las políticas urbanas en relación con las tres lógicas territoriales expuestas en el capítulo 1: territorial, competitiva y red (tabla 1)⁴. En la **lógica territorial**, correspondiente a los modelos de lugar central, las ventajas se consiguen por economías de escala derivadas a la dimensión de los centros y su área de mercado. En este marco, las opciones de política económica se limitan a intervenir sobre la jerarquía de centros, alterando el rango del municipio para alterar su función: descentralización de competencias administrativas o de la actividad industrial para reforzar el rango de los municipios; o metrópolis intermedias para reequilibrar las diferencias en la curva de tamaño-rango.

La **lógica competitiva** se vincula a una dinámica de base exportadora y ciudades especializadas. En este caso se explotan no solo las economías de escala sino las fuentes de ventajas ligadas a la especialización y a la competencia en mercados exteriores. Como apuntan Camagni y Gibelli (1993, p.226)⁵ en su base no se trata de una política basada en las ciudades, sino de una estrategia de empresa asociada a efectos de arrastre generados por la instauración o reforzamiento de implantes industriales especializados, como los polos de desarrollo. Bajo ciertas condiciones, en el caso de que las políticas se dirijan a la articulación programada de las especializaciones de los centros en el sistema urbano, se consigue un resultado similar al de las redes de complementariedad.

¹ AMSTRONG, HARVEY and JIM TAYLOR (1985): *Regional Economics and Policy*. Phillip Allan Publishers Ltd., Oxford.

² Por ejemplo, los polos de desarrollo de Perroux.

³ CAMAGNI, ROBERTO; DIAPPI LIDIA and STEFANO STABILINI (1994): "City networks in the Lombardy region: an analysis in terms of communication flows", *Flux* n°15, p.37-50.

⁴ Las redes de ciudades se sitúan entre la lógica competitiva y la de red.

⁵ Op.cit.

Tabla 1. Políticas urbanas y lógicas territoriales a nivel del sistema urbano

	Territorial	Competitiva	Red
Externalidades*	- Economías de escala internas a la empresa / - Externalidades pecuniarias	- Econ. de escala internas a la empresa - Econ. de localización /MAR - Econ. de competencia/ Porter	- Econ. de escala internas a la empresa - Economías de alcance (<i>scope</i>) - Costes de transacción - Economías basadas en el conocimiento. - Economías de red
Políticas	- Creación/desaparición de niveles jerárquicos urbanos - Descentralización de competencias de gobierno a los niveles inferiores - Metrópolis de equilibrio	- Nuevos municipios y polos de desarrollo - Especialización de centros individuales en funciones terciarias públicas (Alemania, Randstad)	- Cooperación / sinergia entre ciudades en proyectos innovativos - Redes de comunicaciones y transporte - Organización en red de las especializaciones (complementariedad)

Fuente: Elaboración a partir de Camagni e Gibelli (1993, p. 221). La fila marcada con * son los añadidos propios.

En la **lógica de red** aparece una fuente adicional de ventajas, asociada a la división espacio-territorial del trabajo (complementariedad) y a la masa que consiguen las ciudades de la red interactuando (sinergia), bien a través de sus potencialidades o bien a través de la planificación o la cooperación concertada.

La nueva estrategia económico-territorial se puede construir sobre las siguientes bases:

1. Reconoce la importancia de las localizaciones urbanas como fuentes de desarrollo y como ámbito clave para alcanzar los nuevos objetivos de política económica;
2. La competencia entre ciudades coexiste con la cooperación entre las mismas;
3. Agrega dos fuentes adicionales de ventajas (economías de red) a las tradicionales economías de concentración, basadas en la división espacio-territorial del trabajo y en la masa conjunta de las ciudades que interactúan;
4. Ante el problema de la producción en masa (*bulk-processing*) basada en la estandarización de procesos y sometida a rendimientos decrecientes, se opta por una estrategia basada en la economía del conocimiento, sobre la base de rendimientos crecientes o procesos no dirigidos a los costes, como la innovación y la calidad;
5. La interacción constituye la base para un tercer tipo de ventajas; el funcionamiento del mecanismo de *feedback*, que basado en el conocimiento genera, acelera y retroalimenta la producción de innovaciones, básicas en los procesos de cambio técnico y crecimiento.

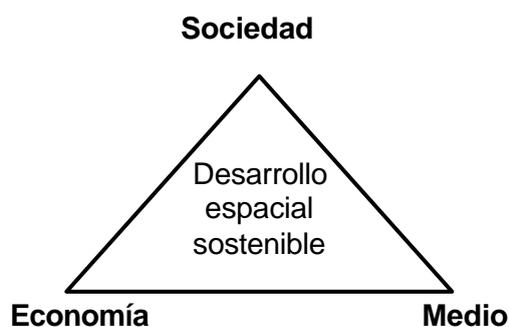
6. La provisión de servicios públicos debe también plantearse bajo la óptica de la generación de economías de red, fomentando la especialización entre ciudades.

2. OBJETIVOS

Los objetivos de la política territorial también han evolucionado con el tiempo. Si para el *Barlow report* de 1940⁶ eran la reducción del desempleo crónico, el equilibrio en la distribución de la industria, y la dispersión de la industria por propósitos defensivos y estratégicos, en el *European Spatial Development Perspective* (1999, p.10)⁷ se pretende alcanzar un desarrollo equilibrado y sostenible, fortaleciendo la cohesión social y económica. Esto se refleja en un triángulo cuyos vértices son la economía, la sociedad y el medio, y une los tres objetivos fundamentales de la política europea:

1. Cohesión económica y social (equidad);
2. Conservación de recursos naturales y herencia cultural (sostenibilidad);
3. Una competitividad más equilibrada del territorio europeo (competitividad).

Figura 1. Triángulo de objetivos para un desarrollo equilibrado y sostenible



Fuente: ESDP (1999, p.10)

⁶ Citado a partir de Armstrong y Taylor (1985, Op.cit. p.176-177)

⁷ 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).

Las redes de ciudades hacen compatibles estos tres objetivos de equidad, sostenibilidad y competitividad, puesto que constituyen una estrategia para luchar contra los desequilibrios territoriales, la segregación espacial y el *sprawl* urbano. De hecho, el ESDP (1999, p.11) propone una estructura espacial equilibrada basada en tres líneas: desarrollo de sistemas urbanos policéntricos equilibrados, paridad de acceso a las infraestructuras y el conocimiento, y desarrollo sostenible con una adecuada gestión de la naturaleza y la herencia cultural.

3. INSTRUMENTOS

Una vez expuestos los objetivos de equidad, sostenibilidad y competitividad, ¿cuáles son los instrumentos específicos de una estrategia basada en las redes de ciudades?

En un ámbito regional como el expuesto en este capítulo, parece razonable centrarnos en instrumentos del tipo micro-económico y de coordinación⁸.

Las opciones de tipo micro-económico relacionadas con las redes de ciudades pueden centrarse en opciones de tipo clásico, como la atracción de trabajo cualificado o capitales, y también en otras nuevas, por ejemplo:

1. Políticas destinadas a mejorar la organización de la producción en el espacio-territorio, que como hemos visto en el capítulo 2 supone una fuente de ventajas por la vía de la división del trabajo entre los nodos del sistema urbano;
2. Políticas destinadas a mejorar la interacción entre los nodos de la red, como por ejemplo la mejora de las infraestructuras de comunicaciones y telecomunicaciones, o mediante proyectos de cooperación concertados;
3. Políticas destinadas a la gestión integrada del suelo en los municipios de la red de ciudades, utilizando eficientemente este recurso y fortaleciendo núcleos compactos frente a la tendencia del crecimiento en *sprawl*. También la gestión de los centros de las ciudades reutilizando los antiguos espacios industriales para ubicar nuevos focos de actividad de alto valor añadido, como en el proyecto 22@bcn⁹.
4. Difusión de la información y el conocimiento a través de la red de ciudades y generación de focos especializados, no ya de actividades, sino de conocimientos.

⁸ Los instrumentos macro-económicos parecen alejarse de la perspectiva de las redes de ciudades. Para una revisión de las opciones (instrumentos) de política económica puede consultarse Armstrong y Taylor (1985, Op.cit., p.188-209). En Camagni y Gibelli (1993, Op.cit.) pueden encontrarse también estrategias e instrumentos para las redes de ciudades nacionales y mundiales.

⁹ Pude consultarse Trullén et al. (2002) en relación con las estrategias de política económica del proyecto "Barcelona ciudad del conocimiento". TRULLÉN, JOAN; LLADÓS, JOSEP y RAFAEL BOIX (2002): "Economía del conocimiento, ciudad y competitividad", *Investigaciones Regionales*, nº1.

5. Provisión de servicios coordinada en red desde las autoridades locales.
6. Políticas tecnológicas basadas en centros tecnológicos adaptados a las características de las ciudades de la red, con el objetivo de explotar las complementariedades a nivel de red.

Estas políticas pueden gestionarse desde niveles regionales de gobierno, como en algunas de las redes del capítulo 3 (por ejemplo, la red policéntrica suiza), pero además en las redes de ciudades se maximizan las oportunidades de gestionar las políticas de forma coordinada entre los nodos de la red (opciones de coordinación).

4. ALGUNOS EJEMPLOS SOBRE EL CASO DE ESTUDIO: CATALUÑA-CIUTATS Y EL ARCO TECNOLÓGICO

En este epígrafe se ofrecen dos ejemplos de políticas de redes para Cataluña, basados en los trabajos de Trullén (1999, 2001a y 2002). Otros ejemplos de políticas diseñadas para redes naturales y de cooperación-planificación pueden consultarse en el capítulo 3.

4.1. Cataluña-Ciutats

El Cataluña-Ciutats (Trullén 1999 y 2001a)¹⁰ propone un cambio en el modelo territorial de Cataluña de principios del siglo XXI. El objetivo es integrar los nuevos fenómenos de base económica y social radicados en las ciudades, utilizando la red de ciudades de Cataluña como base para una nueva estrategia territorial. La propuesta se basa sobre un diagnóstico que tiene en cuenta la existencia de una red de ciudades, y sugiere cuatro objetivos: equidad, sostenibilidad, eficiencia en la gestión y competitividad.

Uno de los elementos de la estrategia se basa en la red urbana y el policentrismo. En este elemento, se propone:

1. Sustituir la tradicional noción de jerarquía urbana clásica en la provisión de servicios e infraestructuras por una provisión coordinada de servicios y la mejora de la red de transportes y comunicaciones. Los objetivos son utilizar las ventajas asociadas al efecto de masa de la red de ciudades y potenciarlo hacia el mayor número de municipios de la forma más eficiente posible.

¹⁰ 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*.

2. Sustituir la competencia por la obtención de recursos escasos, que lleva a fragmentar la oferta y disminuir su alcance, por cooperación vertical y horizontal entre los municipios en base a la confianza y corresponsabilidad.
3. Potenciar los núcleos urbanos, evitando así la urbanización siguiendo los ejes de comunicaciones, generadora de *sprawl*.
4. Conexión con otras redes de ciudades externas a Cataluña, potenciando las infraestructuras ferroviarias de alta velocidad, las infraestructuras aeroportuarias, y las redes de telecomunicaciones de alta velocidad.

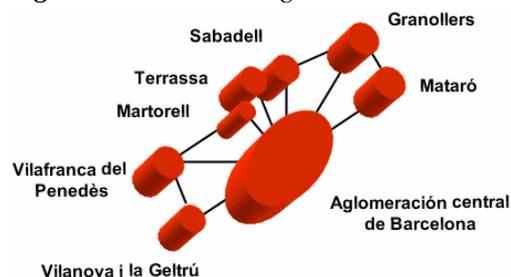
4.2. El arco tecnológico

El arco tecnológico (Trullén 2002)¹¹ es una propuesta reciente y se basa en la identificación de dos hechos:

1. La región metropolitana de Barcelona es policéntrica, y se distinguen una aglomeración central, formada por Barcelona y los municipios colindantes, y un conjunto de subcentros que son ciudades medianas, la mayoría de ellas de antigua tradición industrial. Los principales subcentros son: Mataró, Sabadell, Terrassa, Granollers, Martorell, Vilafranca del Penedès, Vilanova i la Geltrú. Estas ciudades están en pleno proceso de transformación tecnológica y en tránsito hacia la economía del conocimiento.
2. Las conexiones directas entre estos subcentros son de baja calidad, lo que propicia que la interacción directa entre los centros sea escasa.

En contraposición a los diagnósticos tradicionales, que identifican el espacio de los subcentros de forma agregada como un cinturón externo a la aglomeración central, todo este espacio metropolitano puede identificarse como una red de ciudades. La propuesta del arco tecnológico es fomentar la conexión directa entre los subcentros, mediante la implantación de un sistema ferroviario que conecte los centros de estas ciudades, y de infraestructuras de telecomunicaciones de alta velocidad. De esta manera se integra un conjunto de ciudades que contiene cerca de un millón de habitantes y más de medio millón de ocupados.

Figura 1. Arco tecnológico



Font: Elaboració n a partir de Trullén (2002)

¹¹ TRULLEN, 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.

5. CONCLUSIONES

A lo largo del capítulo se ha expuesto una breve reflexión sobre las políticas asociadas a las redes de ciudades. Lo que caracteriza a las redes de ciudades es que añaden una fuente de ventajas adicionales a las tradicionales economías de concentración. Estas ventajas, economías de red, se consiguen mediante la organización de la producción en el espacio-territorio, los efectos de masa de la red, y los mecanismos de retroalimentación e incremento de la velocidad asociados a la información y el conocimiento.

Las políticas asociadas a las redes de ciudades se insieren en un nuevo tipo de estrategias de naturaleza eminentemente urbana, que persiguen un desarrollo equilibrado y sostenible, fortaleciendo la cohesión social y económica y cuyos objetivos principales son la equidad, la sostenibilidad y la competitividad. Además constituyen un ámbito óptimo para combinar opciones (instrumentos) de tipo micro-económico con opciones de coordinación. Estas opciones abarcan instrumentos tradicionales como la atracción de trabajo cualificado y capitales mediante el mecanismo de masa, pero también otros específicos centrados en la organización de la producción en el espacio, la mejora de la interacción entre las ciudades, gestión integrada de recursos como el suelo, y la intervención sobre los mecanismos de generación y difusión de la información y el conocimiento.