

XXVII REUNIÓN DE ESTUDIOS REGIONALES, Madrid, 28-30 de noviembre de 2001

Forthcoming: "Economia della conoscenza e reti di città: città creative nell'era della conoscenza", *Sviluppo Locale*, nº 3-2002.

ECONOMÍA DEL CONOCIMIENTO Y REDES DE CIUDADES: CIUDADES CREATIVAS EN LA ERA DEL CONOCIMIENTO

*Joan Trullén y Rafa Boix*¹

A principios del siglo XXI, la economía del conocimiento destaca la importancia del saber localizado como factor de producción en el nuevo entorno competitivo. El saber codificado tiende a disminuir de coste, al tiempo que el saber específico localizado es un factor intangible y de difícil transmisión que gana importancia en la explicación del éxito productivo. En este contexto, la ciudad no es una entidad aislada como generadora, utilizadora y transmisora de conocimiento, sino que parte de este conocimiento se genera, utiliza y transmite en interacción con otras ciudades, en una dinámica de red.

El presente trabajo explora la capacidad de las ciudades de crear, utilizar y distribuir el conocimiento como factor determinante del crecimiento económico, así como su relación con otros factores territoriales de competitividad, y la integración en redes de ciudades de ámbito local.

El análisis empírico se centra en el sistema de ciudades de Cataluña, para el que se aborda la medida de la economía del conocimiento, la identificación de las redes de ciudades, y se explora la relación entre conocimiento y estructura urbana mediante el uso de la modelización econométrica.

1. Introducción

La competitividad de las economías de los países más avanzados está cada vez más fundamentada no en factores materiales cada vez más abundantes (capital, trabajo o infraestructuras) sino en el factor conocimiento, de naturaleza inmaterial. La progresiva integración de las economías y la irrupción de las nuevas tecnologías de la información y de la comunicación ponen en un lugar central dentro del proceso de desarrollo económico variables que hasta hace poco años no se han considerado decisivas sino residuales, como son el

¹ Departament d'Economia Aplicada, Universitat Autònoma de Barcelona. Edifici B, 08193 Bellaterra (Barcelona). Spain. **Tfn.** 93 581 22 44 / 93 581 15 28 **Fax.** 93 581 22 92.
E-mail: Joan Trullén (joan.trullen@uab.es) / Rafa Boix (rboix@volcano.uab.es)

esfuerzo en la creación de conocimiento y la existencia de sistemas territoriales de innovación, junto con el ya más tradicional factor schumpeteriano de la innovación tecnológica. Desde un punto de vista económico, la sociedad de la información se fundamentaría más en el conocimiento que en la disponibilidad de información, como se ha subrayado especialmente desde instancias europeas y no americanas. La información o saber codificable tiende a abarataarse mientras que el conocimiento o saber no codificable se encarece. Pero el proceso de generación y difusión del conocimiento tiene unas características típicamente urbanas, como son la creatividad propia de entornos complejos y la fertilización cruzada de ideas entre sectores, actividades o agentes de muy distinta naturaleza y que caracterizaría la ciudad, como ha señalado Jane Jacobs. La ciudad facilita la acción creativa y posibilita altas cotas de interacción social sobre las que tejer de manera permanente el proceso de constitución de nuevo conocimiento.

Por su propia naturaleza inmaterial, la detección estadística de la economía del conocimiento es de una gran dificultad; aún así se está empezando a avanzar en la medición de las economías fundadas en el saber, pero a escala nacional. Así la OCDE ha propuesto la construcción de indicadores de economía del conocimiento homogéneos para los estados miembros, pero siempre referidos a realidades nacionales y no a realidades urbanas².

Nos proponemos en esta investigación presentar algunos resultados todavía muy incipientes sobre el estudio de la economía del conocimiento en entornos urbanos. Si admitimos que el conocimiento tácito y el saber localizado constituyen rasgos característicos de la economía del conocimiento parece necesario enfocar el problema bajo el prisma urbano. Pero no sólo como ámbito en el que se genera y se difunde el conocimiento sino también en su calidad de resorte básico de interacción con espacios no contiguos, formando redes de interacción espacial.

² Véase OCDE, Tableau de bord de la science, de la technologie et de l'industrie. Mesurer les économies fondées sur le savoir, OCDE, Paris, 1999.

De este modo el objeto de este trabajo es presentar algunos resultados de una investigación más amplia dirigida al estudio del crecimiento económico desde una perspectiva urbana; aquí se trata de desarrollar procedimientos de medición de determinadas economías externas positivas de naturaleza urbana, y de avanzar en la cuantificación de la economía del conocimiento a escala local en un ámbito territorial dinámico. Junto con los tradicionales factores territoriales de competitividad de naturaleza urbana (las economías de aglomeración) aparecerían nuevos y distintos factores que responden precisamente al nuevo entorno económico (la globalización) y tecnológico (TIC). La economía del conocimiento recogería como factor diferencial el saber localizado, no fácilmente transferible, y de naturaleza básicamente urbana.

2. Economía del conocimiento, ciudades y redes de ciudades

2.1. La economía del conocimiento

A principios del siglo XXI, la economía mundial está viviendo un proceso de reestructuración, en el cual el cambio técnico es considerado como el elemento principal para el desarrollo económico (OCDE 1999, Fischer 2001). La innovación es el motor de este cambio técnico, y ésta a su vez depende de la acumulación localizada de conocimiento y su transmisión a través de mecanismos de red.

La innovación combina dos tipos de conocimiento: *codificado* (explícito) y *no codificado* (implícito). El *conocimiento codificado* se caracteriza por el desarrollo de una serie de normas o estándares que permiten su interpretación. El *conocimiento no codificado* se caracteriza porque es en gran medida *tácito*, esto significa que no se ha desarrollado un sistema estandarizado para decodificarlo, sino que este mecanismo se encuentra internalizado en una industria, una empresa o un grupo de individuos.

Figura 1. *Del conocimiento al desarrollo económico*

Conocimiento → Innovación → Cambio técnico → Desarrollo económico

En un modelo de desarrollo fordista, el proceso de innovación se concibe como lineal, y se produce en el interior de las grandes empresas, que son las que tienen capacidad para concentrar recursos en I+D.

Sin embargo, el mecanismo no es unidireccional, sino que frecuentemente existen *feedbacks* entre las diferentes partes del proceso, de manera que a su vez la innovación, el cambio técnico y el desarrollo económico revierten en la creación de mayores niveles de conocimiento y en el desarrollo de nuevos campos de conocimiento.

La otra diferencia principal es que la acumulación de conocimiento no es un mecanismo exclusivamente endógeno a la empresa, sino que puede ser parcialmente exógeno debido a los mecanismos explícitos de cooperación entre actores, y a los *spillovers* que se producen entre las empresas y su medio (mecanismos informales). Por tanto, el proceso de innovación y cambio técnico puede generarse y transmitirse en base a mecanismos de red.

Los mecanismos explícitos de cooperación suelen basarse en acuerdos reglados y formalizados entre empresas o entre empresas e instituciones, y tienden a ser inestables a medio y largo plazo. Los mecanismos informales suelen darse en torno a redes basadas en la proximidad, son de naturaleza intangible y, por tanto, muy difíciles de medir.

Junto al proceso de generación de conocimiento, determinadas redes territoriales pueden caracterizarse por su capacidad para transmitir el conocimiento y porque los agentes poseen la capacidad de interpretar e incorporar el conocimiento que reciben a través de los *spillovers*. Este hecho es especialmente relevante en los contextos de pequeña empresa, en los que la baja capacidad de inversión en I+D puede compensarse mediante la utilización del conocimiento conjunto a través de mecanismos de red. Además, esto es posible por las características especiales de los *spillovers* de conocimiento

como bienes públicos locales³. Son bienes públicos porque su consumo es no rival y no excluyente, y son bienes locales porque el *spillover* se produce fundamentalmente entre los miembros de la red. En el caso del conocimiento tácito, la distancia actúa de resistencia a la transmisión⁴, además, se trata de un conocimiento difícil de adoptar por actores externos a la red.

2.2. Economía del conocimiento y ciudad

Las aproximaciones al conocimiento, innovación y cambio técnico más básicas (OCDE 1999) se centran en el sistema de I+D, y en el análisis de los recursos de conocimiento del sistema. Podemos considerar que se trata de un marco estático, en la medida en que no se consideran los procesos de generación, difusión y absorción del conocimiento, sino principalmente a la medición del *stock* de conocimiento.

Otros enfoques de referencia más dinámicos se refieren a los sistemas de innovación. Un *sistema de innovación* es un conjunto de actores que interactúan en la generación y difusión de conocimiento en el proceso de producción (Fischer 2001). Este enfoque retoma la naturaleza dinámica del conocimiento y su funcionamiento sistémico.

La otra característica de este enfoque es su apuesta por la naturaleza territorial del conocimiento y la innovación, frente a los planteamientos llamados antropocéntricos, en los cuales la innovación suele derivarse plenamente de la empresa o de la interacción entre empresas, obviando el medio social y físico donde la empresa se insiere.

En cambio, las características económicas de un territorio dependen no sólo de su sistema empresarial, sino de la interacción del sistema económico con los sistemas sociales (personas, agentes, instituciones) y físicos (características

³ Romer (1990) se refiere a las características de la innovación y el conocimiento como bienes no-rivales y parcialmente excluibles.

⁴ Esto es cierto dependiendo del canal de transmisión. En las redes globales el espacio físico se pliega y la distancia se mide en función de los flujos a través de las infraestructuras de telecomunicaciones.

físicas, infraestructuras), y de la historia del territorio. La unidad territorial básica donde se relacionan estos sistemas es la ciudad, aunque algunos estudios plantean ámbitos territoriales más amplios, como clusters de ciudades o áreas metropolitanas⁵.

2.3. Economía del conocimiento y redes de ciudades

Las relaciones entre ciudades pueden especificarse en términos de flujos de conocimiento e información, a través de flujos de comunicaciones, de inversión o movilidad laboral. A través de estos flujos es posible la transmisión del conocimiento codificado y tácito. La proximidad geográfica puede ser considerada como un elemento importante, pero no suficiente para la existencia de un sistema territorial de innovación o de una red de ciudades basada en el conocimiento⁶.

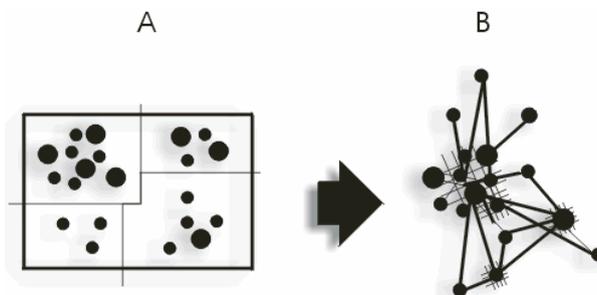
Una **red de ciudades** es un sistema donde los nodos son las ciudades (o conjuntos de ciudades), y los vínculos (*links*) son relaciones de interdependencia, que puede darse sobre la base de funciones diferentes, a funciones similares, o a una combinación de ambas. La característica inherente a la red es que la interacción entre las ciudades puede posibilitar la aparición de ventajas (externalidades) que disfrutan los miembros de la red. La identificación de las redes territoriales en base a flujos de comunicaciones (Camagni y Salone 1993) o de movilidad laboral (Trullén y Boix 2000) proporciona los ámbitos donde la interacción general o sectorial es más intensa. En estos casos, aunque la distancia geográfica es un elemento implícito, el elemento determinante en la red es la magnitud de la interacción, y

⁵ Otra posibilidad es abordar el estudio de la innovación a partir de sistemas sectoriales, en vez de territoriales. En la medida en que las bases de datos posean la suficiente desagregación, ambos enfoques pueden combinarse. Las redes de sinergia obtenidas en Trullén y Boix (2000) son un ejemplo de combinación de los dos ámbitos.

⁶ Fischer (2001) añade como requisito a la existencia de proximidad geográfica, la existencia de proximidad tecnológica. Aunque en los ámbitos territoriales la distancia geográfica (kilómetros, tiempo de desplazamiento) es un buen indicador, en el caso de ciudades globales, la proximidad geográfica debería sustituirse por otro tipo de distancias, que ponderen la dotación de infraestructuras de transporte (infraestructuras ferroviarias, aeropuertos), o la dotación de redes de telecomunicaciones. En estos casos, la distancia geográfica puede reducirse a la mínima expresión y la distancia tecnológica puede ser el determinante más importante.

por tanto es un ámbito de análisis más adecuado que los basados en la contigüidad espacial.

Figura 1. Configuración del territorio en áreas (A) y en redes (B)



El *tipo de redes* que buscamos depende de los objetivos para cada estudio. Las tipologías básicas que solemos observar son la división de la armadura urbana en redes horizontales, verticales y policéntricas (Dematteis 1990 y 1991) y la distinción entre redes de sinergia y de complementariedad (Camagni y Salone 1993), en base al tipo de externalidad que se produce en la interacción. Además, otras tipologías pueden distinguir entre redes espontáneas o formadas en base a acuerdos, y también entre redes de ámbito local, supralocal y global.

La forma concreta de los nodos y los vínculos determina la forma global de la red (sistema jerárquico, policéntrico, corredor, portal, *edge cities*, redes horizontales, etc.). *Otras características* de la red son la dualidad entre competencia y cooperación de los miembros, y el soporte de la interacción sobre una red suplementaria de infraestructuras de transporte y comunicaciones.

Al centrar el marco teórico en las redes de ciudades, consideramos un ámbito de análisis más amplio que el proporcionado por los tradicionales modelos de lugar central, en los que la transmisión de conocimiento se realiza de forma secuencial desde los niveles más altos a los más bajos de la armadura urbana⁷.

⁷ La emergencia del paradigma de las redes frente a los modelos de ciudad central se trata con mayor profundidad en Camagni y Salone (1993), y Dematteis (1990 y 1991).

Los modelos de lugar central relacionan la producción de innovaciones con el rango de la ciudad en el sistema urbano. A partir del marco teórico christalleriano, Weber (1972) desarrolla un modelo estático que relaciona la probabilidad de una invención en un centro de rango m con su población. La probabilidad de que una invención h_m ocurra en un centro de rango m es:

$$h_m = \frac{P_m}{X_M} = g \quad [1]$$

donde P_m es la población de la ciudad, X_M es el área de mercado, y g es el factor de proporcionalidad ($0 < g < 1$). Generalizando para cualquier rango m dado:

$$h_m = \frac{P_m}{X_M} = \frac{g}{\prod_{i=m}^{M-1} (K_i - g) / (1 - g)}$$

donde K_i es el factor de anidamiento. De acuerdo con [2], la probabilidad de que una innovación ocurra incrementa con el tamaño de la ciudad. Asumiendo que la innovación sólo ocurre en los lugares centrales, y no en las áreas rurales, la probabilidad H_m de que una innovación aparezca en un lugar central de rango m es de:

$$H_m \cong \frac{h_m^2}{\sum_{m=1}^M v_m h_m^2} \quad [3]$$

donde v_m es el número de lugares centrales de rango m -ésimo.

De acuerdo con esta función, el stock de innovación será también mayor en los centros de mayor rango de la jerarquía urbana, y por tanto el *stock* acumulado de conocimiento se ordenará de forma jerárquica aproximadamente con la población de cada ciudad. Además, en un sistema jerárquico tanto innovación como conocimiento deberían difundirse verticalmente desde los centros de mayor rango a los de menor rango del sistema.

En cambio, en los modelos de red, la difusión del conocimiento puede realizarse no solo de forma vertical, sino también entre ciudades del mismo rango e incluso desde ciudades de rango inferior a ciudades de rango superior. Por esto, una vez identificados los niveles de conocimiento de los municipios y

la distribución de las redes de ciudades, una de las cuestiones a resolver será la importancia de los mecanismos de interacción horizontal en la dotación de conocimiento de las ciudades.

3. Construcción del indicador de conocimiento e identificación de las redes de ciudades

3.1. El indicador de conocimiento y su aplicación en entornos urbanos

Desde hace algunos años, la OCDE elabora indicadores que puedan revelar los componentes de tecnología y conocimiento de las economías. La disparidad de criterios en las clasificaciones nacionales de actividades provocan que la identificación de las actividades basadas en el conocimiento y la tecnología sólo pueda establecerse a partir de unas directrices generales, por lo que las comparaciones entre países con clasificaciones económicas diferentes deben interpretarse con prudencia.

Las formas de identificar los sectores manufactureros y de servicios son diferentes, a causa de las diferencias en la información disponible. De esta manera, a partir de la intensidad de I+D en valor final de la producción, los *sectores manufactureros* pueden clasificarse en sectores de tecnología alta, media-alta, media-baja y baja. Para los *servicios*, la menor disponibilidad de la información requiere una agregación menos detallada en sectores de conocimiento alto y bajo, en función del valor añadido de estos sectores.

Tabla 1. *Actividades basadas en la tecnología y el conocimiento*

| Actividades manufactureras* | <i>Industrias de alta tecnología</i> | CITI Rev. 2 |
|---|--------------------------------------|-------------|
| | Construcción aeronáutica | |
| Máquinas de oficina y ordenadores | | 3825 |
| Productos farmacéuticos | | 3822 |
| Aparatos de radio, televisores y telecomunicaciones | | 3832 |

| | | |
|---------------------------------|---|----------------|
| | Industrias de tecnología media-alta | |
| | Material profesional | 385 |
| | Vehículos automóviles | 3843 |
| | Máquinas y aparatos eléctricos | 383-3832 |
| | Industrias químicas | 351+352-3522 |
| | Otros materiales de transporte | 3842+3844+3849 |
| | Máquinas no eléctricas | 382-3825 |
| | Industrias de tecnología media-baja | |
| | Industrias del caucho y el plástico | 355+356 |
| | Construcción naval | 3841 |
| | Otras industrias manufactureras | 39 |
| | Metales no férricos | 372 |
| | Productos minerales no metálicos | 36 |
| | Manufacturas metálicas | 381 |
| | Refinerías de petróleo | 353+354 |
| | Siderurgia | 371 |
| | Industrias de tecnología baja | |
| | Papel, artes gráficas y edición | 34 |
| | Textiles, vestido y cuero | 32 |
| | Alimentación, bebidas y tabaco | 31 |
| | Madera y muebles | 33 |
| Actividades terciarias** | Actividades de conocimiento alto | |
| | Comunicaciones | 72 |
| | Banca, seguros, inmobiliarias y servicios a las empresas | 8 |
| | Servicios colectivos, servicios sociales y servicios personales | 9 |
| | Actividades de conocimiento bajo | |
| Resto de actividades terciarias | - | |

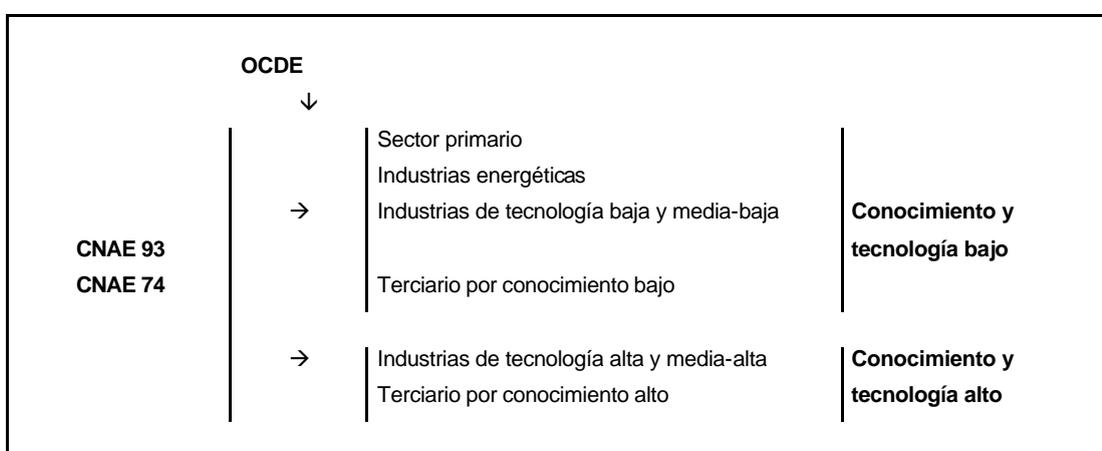
* OCDE (1999), página 106 / ** OCDE (1999), página 18.

La clasificación de actividades de la tabla 1 muestra algunos problemas, como la falta de desagregación de los grupos terciarios de conocimiento alto y la no inclusión de la agricultura y las industrias energéticas. Además, para la construcción de una serie temporal homogénea se añaden los problemas del cambio de la clasificación nacional de actividades desde base 1974 a base 1993 y la necesidad de disponer de una base de datos a nivel municipal con el suficiente detalle temporal y sectorial.

Para mostrar un indicador de conocimiento homogéneo a nivel municipal se ha optado por dividir la tecnología y el conocimiento en sólo dos intensidades: alto y bajo. Para ello agregamos *sector primario, energéticas, y manufacturas de*

tecnología baja y media-baja en un único grupo de *conocimiento bajo*. Para formar el grupo de *conocimiento alto* se agregan las *manufacturas de conocimiento alto y medio-alto*, y los *servicios de conocimiento alto*. Las clasificaciones se adaptan individualmente a la CNAE 74 y la CNAE 93 con el objetivo de que la serie temporal sea homogénea al agregar. Las comprobaciones posteriores han mostrado que la asignación era adecuada, al no presentar las series de conocimiento alto y bajo saltos en el año de corte de la clasificación.

Tabla 2. Construcción del indicador de conocimiento



El segundo problema al que nos enfrentamos es encontrar una fuente de datos a nivel municipal con la suficiente desagregación temporal y sectorial para aplicar el indicador. La falta de series de PIB municipal adecuadas sugerían utilizar otro tipo de datos, como la ocupación. Las series de ocupación de censos y padrones disponían sólo de cortes para 1986, 1991 y 1996, y no podíamos obtener información a partir de 1996. Una segunda opción era utilizar las series de afiliados al régimen general de la seguridad social, de las cuales existen datos trimestrales sectorialmente desagregados desde 1991. Estas series tenían a su vez dos inconvenientes: el cambio en la CNAE (efectivo desde 1996), y que ya habíamos resuelto en la construcción del indicador; y la diferencia entre el lugar donde está localizado el trabajador y el lugar donde la empresa declara que está trabajando. El detalle de la serie, y la elevada correlación observada entre las series de censos y padrones y las de seguridad social nos decidieron a utilizar esta fuente como base para la construcción del

indicador, aunque siendo siempre conscientes de que introduce un sesgo sobre los datos de ocupación localizada⁸.

Figura 2. Indicador de conocimiento y evolución 1991-2000

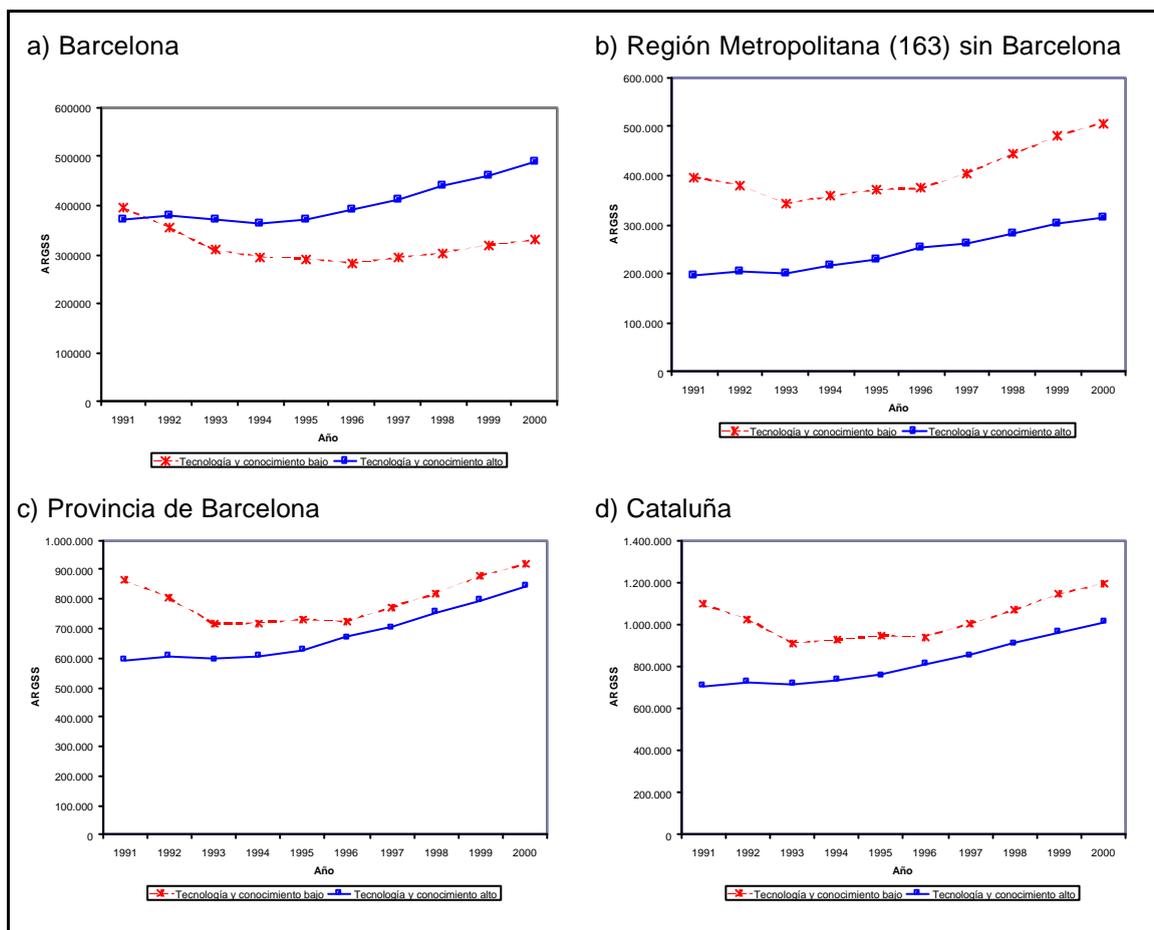


Tabla 3. Ranking de variación de conocimiento alto 1991-2000. 20 primeros municipios

⁸ Naturalmente, el sesgo es mayor a nivel municipal que cuando agregamos para toda la provincia de Barcelona o para Cataluña.

| Ranking | Codigo | Municipio | 1991 | 2000 | Variación absoluta | Taxa variación |
|---------|--------|-------------------------|---------|---------|--------------------|----------------|
| 1 | 08019 | BARCELONA | 371.885 | 488.325 | 116.440 | 31,31% |
| 2 | 08279 | TERRASSA | 15.557 | 28.261 | 12.704 | 81,66% |
| 3 | 08205 | SANT CUGAT DEL VALLES | 5.869 | 16.526 | 10.657 | 181,58% |
| 4 | 08101 | HOSPITALET DE LLOBREGAT | 20.458 | 28.969 | 8.511 | 41,60% |
| 5 | 17079 | GIRONA | 22.183 | 29.820 | 7.637 | 34,43% |
| 6 | 08187 | SABADELL | 16.223 | 23.709 | 7.486 | 46,14% |
| 7 | 43148 | TARRAGONA | 22.719 | 30.166 | 7.447 | 32,78% |
| 8 | 25120 | LLEIDA | 17.305 | 24.495 | 7.190 | 41,55% |
| 9 | 08121 | MATARO | 6.672 | 12.084 | 5.412 | 81,12% |
| 10 | 08184 | RUBI | 4.899 | 9.259 | 4.360 | 89,00% |
| 11 | 08169 | PRAT DE LLOBREGAT (EL) | 4.703 | 8.414 | 3.711 | 78,91% |
| 12 | 08113 | MANRESA | 7.266 | 10.851 | 3.585 | 49,34% |
| 13 | 43123 | REUS | 6.353 | 9.882 | 3.529 | 55,55% |
| 14 | 08266 | CERDANYOLA DEL VALLES | 5.805 | 9.225 | 3.420 | 58,91% |
| 15 | 08096 | GRANOLLERS | 6.129 | 9.331 | 3.202 | 52,24% |
| 16 | 08307 | VILANOVA I LA GELTRU | 2.699 | 5.572 | 2.873 | 106,45% |
| 17 | 08221 | SANT JUST DESVERN | 2.753 | 5.185 | 2.432 | 88,34% |
| 18 | 08200 | SANT BOI DE LLOBREGAT | 5.946 | 7.982 | 2.036 | 34,24% |
| 19 | 08211 | SANT FELIU DE LLOBREGAT | 1.797 | 3.782 | 1.985 | 110,46% |
| 20 | 08124 | MOLLET DEL VALLES | 2.613 | 4.554 | 1.941 | 74,28% |

La aplicación del indicador para los principales ámbitos territoriales de Cataluña se presenta en la Figura 2. Destaca en primer lugar el municipio de Barcelona que concentra alrededor del 50% del empleo en sectores de conocimiento alto del conjunto de Cataluña- Naturalmente el proceso de terciarización de la base económica de dicho municipio está detrás de la explicación de dicho resultado. La desindustrialización del municipio de Barcelona ha ido acompañado de un intenso proceso de terciarización que se ha concentrado precisamente en las actividades terciarias más densas en conocimiento.

Por otra parte también destaca el crecimiento del empleo en actividades densas en conocimiento para el conjunto de la economía catalana. Por su parte, el conjunto de municipios de la Región Metropolitana excluyendo el municipio de Barcelona concentrarían una parte importante del empleo en actividades de tecnología y conocimiento bajo en mayor proporción que en actividades de tecnología y conocimiento alto. El proceso de descentralización del empleo industrial de menor intensidad de conocimiento desde el municipio de Barcelona estaría explicando una parte importante de este resultado.

Se puede destacar también una conclusión relevante. El conjunto del empleo en actividades de tecnología y conocimiento alto presentan una menor sensibilidad al ciclo económico que el resto de las actividades. El importante

descenso de empleo registrado en el período 1992-1994 afectó de manera prácticamente única a las actividades de tecnología y conocimiento bajo. En consecuencia, la intensidad del ciclo económico parece disminuir a medida en que se avanza en la substitución de actividades de menor intensidad tecnológica y el correlativo aumento del peso de las de mayor intensidad (Trullén et al. 2001).

La aplicación de la metodología para la construcción del indicador del conocimiento para el conjunto de los municipios de Cataluña permite identificar la evolución absoluta y relativa del empleo en los sectores de actividades de conocimiento alto, tal y como se puede observar en la Tabla 3. Es preciso señalar que una pequeña parte del empleo atribuido al municipio de Barcelona y, en general, a los municipios en los que se radican las sedes de las empresas, está en realidad disperso en diferentes municipios de la provincia en que se radica el establecimiento principal de la empresa. Con todo, se pueden extraer las siguientes conclusiones.

En primer lugar la importancia del cambio de especialización productiva de las ciudades con mayor importancia poblacional de Cataluña, que ven crecer de forma muy intensa el nivel de empleo en sectores de conocimiento alto entre 1991 y 2000. Las ciudades que constituyen los núcleos del área metropolitana de Barcelona - una metrópolis fundamentalmente polinucleada y en pleno proceso de extensión territorial y de crecimiento económico (Trullén, 1998) – como Terrassa, Sabadell o Mataró, presentan tasas de crecimiento del empleo en actividades de conocimiento alto de especial intensidad, reforzando su carácter vertebrador del territorio y de nodos de la red urbana. El municipio de Barcelona presenta una evolución muy positiva del empleo en sectores de conocimiento alto, y que concentra una parte muy importante del conjunto de dicho empleo para el conjunto de la economía catalana.

3.2. Identificación de las redes de ciudades

La economía urbana tradicional se ha centrado en la definición de áreas urbanas, aplicando metodologías como las del *daily urban system* (DUS), las

áreas urbanas funcionales (FUR) o las áreas metropolitanas estándar (MSA)⁹. En la investigación sobre redes de ciudades, lo importante no es formar un área homogénea, sino identificar las unidades (nodos) y las relaciones relevantes entre ellas (links). El tratamiento del territorio como redes, y no como áreas es un enfoque relativamente reciente, y no existen criterios estándar para su identificación. Los autores que han trabajado desde esta perspectiva han intentado aproximaciones directas e indirectas, como las de Emanuel-Dematteis, Camagni-Diappi-Stabilini, o la DATAR francesa.

A la falta de una metodología estándar para la identificación de las redes, se une el requisito de la escasez de datos (especialmente de flujos), lo que obliga en cada caso a adaptar la metodología para aproximar el aspecto de la red que se considere más relevante. En el presente trabajo se ha querido diferenciar explícitamente entre redes verticales y redes horizontales. 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 equipotenciales 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 dominación¹⁰. Una vez representadas las estructuras en un mapa, la configuración de los flujos nos permite diferenciar visualmente un eventual tercer atributo de las redes: el *policentrismo*.

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. El funcionamiento del procedimiento es sencillo, y se basa en identificar el rango de los nodos, y aquellos flujos direccionales que resulten significativos para el establecimiento de la jerarquía urbana. Si se establece una relación significativa desde un municipio de rango inferior a un

⁹ Una reflexión sobre las diferentes metodologías de delimitación de áreas puede consultarse en Sforzi (1991).

¹⁰ 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.

municipio de rango superior, se considera que la relación es jerárquica. En cambio, si la misma relación se establece entre dos municipios del mismo rango, o el flujo se dirige hacia un municipio de rango inferior, la relación se considera horizontal (equipotencial). En el caso de que entre dos municipios se establezcan relaciones significativas en ambos sentidos, hacemos el supuesto de que la relación jerárquica domina a la horizontal, y por tanto se asigna como relación jerárquica.

Los *rangos* se han establecidos en base al *stock* de conocimiento alto del municipio. Se establecen siete rangos, donde el nivel superior es ocupado en solitario por la ciudad de Barcelona.

Los *flujos* se establecen a partir de la movilidad por conocimiento alto entre los municipios de Cataluña. Se considera que a una escala regional, los flujos de movilidad son buenos indicadores de la estructura urbana¹¹. Se consideran importantes para la transmisión de información o conocimiento los cuatro primeros flujos directores. Además, se establece un criterio mínimo por destino de 100 *commuters* de conocimiento alto para que el flujo sea considerado como significativo. La introducción de un filtro de significatividad eliminará una gran parte de las relaciones, conservando sólo aquellas más significativas.

Figura 3. *Redes verticales y horizontales por conocimiento en Cataluña (1996)*

¹¹ Diversas comprobaciones para trabajar con estos flujos se establecieron en Boix (2000).

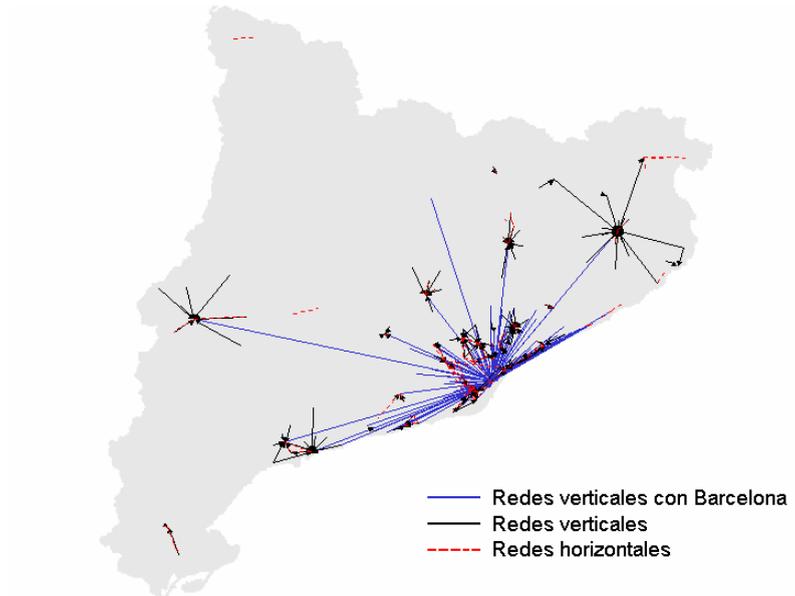
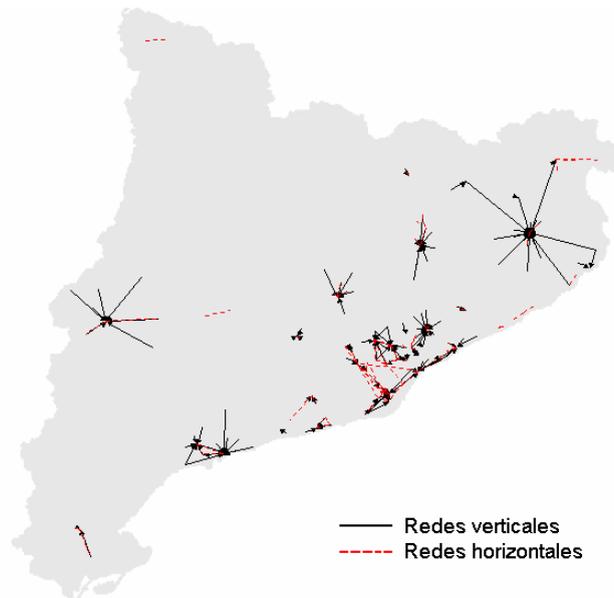


Figura 4. *Redes verticales y horizontales en Cataluña (1996). Detalle eliminando del mapa los flujos con Barcelona*



Las figura 3 y 4 muestran las redes más importantes del sistema urbano de Cataluña. Las relaciones verticales se han dibujado con líneas negras continuas (azules en el caso de las redes con Barcelona), mientras que las líneas discontinuas en rojo muestran relaciones horizontales. En la figura 4 se eliminan las relaciones con Barcelona, con el objetivo de mostrar mayor detalle de las subestructuras locales.

Una parte importante de las relaciones se establece entre municipios de diferente rango en la forma habitual de jerarquías. En especial, Barcelona aparece como el centro de mayor rango en la jerarquía. Además, actúa como nodo de conexión entre las subestructuras locales que no terminan de conectarse entre sí. Otras ciudades importantes del sistema actúan como subcentros, mostrándose también una estructura policéntrica del sistema urbano (figura 4).

Sin embargo, las estructuras verticales de los modelos de ciudad central se ven completadas con relaciones horizontales de carácter no jerárquico, usualmente entre nodos del mismo rango. La conjunción de interdependencias verticales y horizontales conforma subsistemas locales donde los niveles de la interacción resultan elevados. Los modelos de ciudad central prevén que la difusión de innovaciones se realiza desde la parte superior a la inferior de la jerarquía

urbana. En cambio, trabajos como los de Pred (1977) cuestionan la rigidez de los modelos monocéntricos y ofrecen evidencias sobre la difusión de innovaciones en los niveles horizontales de la armadura urbana. En el siguiente apartado daremos comprobaremos si existe una relación positiva entre la existencia de relaciones verticales y horizontales y el conocimiento acumulado en los nodos del sistema urbano.

4. Ciudad del conocimiento y estructura urbana: modelando la relación

El objetivo de este apartado es establecer una primera aproximación entre el conocimiento localizado a nivel de municipio y la estructura de la red de ciudades.

Para obtener una primera aproximación a los factores que explican la dotación de conocimiento alto de un municipio hemos incorporado un modelo *cross-section* que intenta explicar el stock de conocimiento alto en un año determinado ($CAIt_{2000}$) a partir de:

- a) el *stock* o el porcentaje de conocimiento alto en un año anterior ($CAIt_{1991}$)
- b) la especialización relativa del municipio sobre la estructura sectorial catalana (CE_r) en el año de referencia, medida a partir del coeficiente de localización zonal calculado sobre 66 sectores CNAE 93 y 941 municipios (base Cataluña)

$$CE_r = \frac{1}{2} \left| \left(\frac{LTL_{r,s}}{LTL_r} \right) - \left(\frac{LTL_s}{LTL} \right) \right| \quad [4]$$

donde r = municipio; s = sector; LTL = ocupación localizada

- c) un coeficiente de tamaño de empresa (nº de ocupados / nº de empresas), que intenta aproximar la existencia de economías internas de escala
- d) diferentes coeficientes de red, para aproximar la pertenencia a redes verticales y horizontales. En su forma inicial los coeficientes son la suma del número de relaciones de red que recibe el municipio y las que envía. Otras pruebas se han realizado diferenciando los coeficientes por origen y destino de la relación.
- e) *dummies* por población del municipio, para distinguir Barcelona (*Dum_Bcn*).

La ecuación se estima por MCO (corrigiendo la heterocedasticidad por el método de White) sobre una muestra de 906 municipios, tras haber eliminado de la estimación 36 pequeños municipios para los que no se disponía de información para alguna de las variables.

$$CAIt_{2000} = b_0 + b_1 \cdot CAIt_{1991} + b_2 \cdot CE_r + b_3 \cdot CRV + b_4 \cdot CRH + (b_5 \cdot DBcn) \quad [5]$$

El ajuste es siempre superior al 99%, como era de esperar por la inclusión del conocimiento en el año inicial. Como resultados generales, el *stock de conocimiento en el año 1991* y el *tamaño de empresa* son variables que explican de forma positiva y siempre significativa el conocimiento alto en el año 2000. El *coeficiente de especialización* es también interpretable como un índice de diversidad, de manera que en general, una alta especialización del municipio (poca diversidad en su estructura sectorial) se correlaciona negativamente con el conocimiento del municipio. El comportamiento de Barcelona es aparentemente significativo y negativo respecto conjunto de municipios (*dummy* Barcelona), sin embargo, las pruebas al introducir *dummies* para los municipios con mayor cantidad de conocimiento muestran como la significatividad de Barcelona desaparece. Además, la inclusión de la variable parece introducir problemas en la especificación del modelo (elevado DW).

La relación entre redes totales (verticales y horizontales) y conocimiento es positiva y significativa (3). Las variables que miden el número de relaciones

verticales y horizontales de red de cada municipio son positivas (4), en el caso de la variable para las *relaciones de red verticales* la significatividad es demasiado baja, en cambio, podríamos aceptar la variable de *redes horizontales* con una probabilidad de error del 8%. La variable de redes verticales se correlaciona con la especialización (la variable especialización pierde su significatividad). Si volvemos a ajustar los resultados para los municipios menores de 5.000 ocupados por conocimiento alto (884 municipios), la variable de red horizontal resulta fuertemente significativa, mientras que desaparecen los problemas de correlación con la especialización y el resto de variables resultan significativas.

En resumen, las variables de red utilizadas parecen confirmar el impacto positivo de las redes horizontales en el *stock* de conocimiento para el total de municipios de Cataluña. La variable de redes verticales sólo resulta positiva y claramente significativa para los municipios menores de 5.000 ocupados.

Tabla 4. Resultados de la regresión

| | (1) | | (2) | | (3) | | (4) | |
|-------------------------|---------|--------|-----------|--------|---------|--------|---------|--------|
| | β | t | β | t | β | t | β | t |
| c | 471.32 | 3.59 | 137.89 | 1.81 | -16.32 | -0.15 | 8.57 | 0.08 |
| Conocim. Alto 1991 | 1.30 | 608.08 | 1.42 | 27.20 | 1.26 | 96.83 | 1.27 | 83.06 |
| Especialización | -730.09 | -3.87 | -251.30 | -2.51 | -48.52 | -0.36 | -74.3 | -0.56 |
| Tamaño de empresa | 15.97 | 4.09 | 12.87 | 3.8 | 12.15 | 4.02 | 11.17 | 4.12 |
| Dummy Barcelona | | | -45201.30 | -2.30 | | | | |
| Redes totales | | | | | 65.88 | 2.91 | | |
| Redes Verticales_CT | | | | | | | 37.08 | 1.31 |
| Redes Horizont_CT | | | | | | | 107.14 | 1.74 |
| R ² Adjusted | | 0.9990 | | 0.9992 | | 0.9991 | | 0.9992 |
| DW | | 1.9408 | | 2.6062 | | 2.3126 | | 2.2483 |

Los resultados anteriores nos han llevado también a plantearnos si el posible efecto de red se lleva a cabo por expulsión desde el municipio generador o por el contrario por atracción. En este caso hemos dividido las variables de red anteriores por origen y por destino. Los resultado sugieren que en las redes verticales, es importante el número de municipios por destino, lo que sería coherente con que el conocimiento se transmite desde los nodos de mayor rango a los de menor rango. En este caso, los municipios con mayores niveles

de conocimiento actúan también de centros que jerarquizan las relaciones. En cambio, en las redes horizontales sólo resultarían significativas las relaciones por origen.

Tabla 5. Resultados desagregando los coeficientes de red

| | (5) | | (6) | |
|-------------------------|---------|--------|---------|--------|
| | β | t | β | t |
| c | 282.54 | 2.95 | -22.97 | -0.21 |
| Conocim. Alto 1991 | 1.25 | 58.85 | 1.29 | 835.13 |
| Especialización | -453.93 | -3.48 | -32.56 | -0.23 |
| Tamaño de empresa | 13.26 | 4.42 | 12.81 | 4.42 |
| Redes Verticales_CD | 75.51 | 2.01 | | |
| Redes Horizont_CD | 89.40 | 1.21 | | |
| Redes Verticales_CO | | | 22.99 | 0.96 |
| Redes Horizont_CO | | | 257.56 | 3.22 |
| R ² Adjusted | | 0.9991 | | 0.9992 |
| DW | | 2.2437 | | 2.2946 |

5. Conclusiones

El trabajo pretende acercarse a la medición de la economía del conocimiento en ámbitos territoriales a escala municipal, explorando la relación entre conocimiento y estructura urbana. A partir de la metodología propuesta por la OCDE para la medición de la economía del conocimiento y a partir de un marco teórico centrado para entornos urbanos, se presentan los resultados para Cataluña.

Los resultados muestran una rápida e intensa transformación de la base productiva de Barcelona y las principales ciudades que componen la red de ciudades de Cataluña. En el decenio 1991-2000 se han incrementado de manera muy rápida los puestos de trabajo en actividades de tecnología y conocimiento alto. El éxito en el proceso de creación de empleo y de transformación de la base productiva de Cataluña tiene en esta transformación productiva de las ciudades una explicación fundamental.

Se presenta un modelo que relaciona el *stock* de conocimiento alto con el conocimiento acumulado, la especialización / diversidad de los municipios, el tamaño de los establecimientos y la estructura urbana. Destaca la existencia de una relación positiva entre diversidad productiva y conocimiento, en línea con las hipótesis de Jane Jacobs, y la importancia de las relaciones de red, tanto verticales como horizontales.

El marco apropiado para la investigación sobre la economía del conocimiento debe contemplar una elevada desagregación espacial, sectorial y temporal. En consecuencia, **parece pertinente orientar la investigación sobre economía del conocimiento hacia las ciudades**. Para ello es necesario disponer de indicadores económicos a escala municipal con un elevado grado de precisión.

6. Bibliografía

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

Camagni, R. y Carlo Salone (1993): "Network Urban Structures in Northern Italy: Elements for a Theoretical Framework", Urban Studies, Vol. 30, No. 6, pp. 1053-1064.

Dematteis, G. (1990): "Modelli urbani a rete. Considerazioni preliminari", en Fausto Curti y Lidia Diappi (a cura di) "Gerarchie e reti di città: tendenze e politiche", Franco Angeli, Milano.

Dematteis, G. (1991): "Sistemi locali nucleari e sistemi a rete. Un contributo geografico all'interpretazione delle dinamiche urbane", en C.S.Bertuglia y A. La Bella (a cura di) *I Sistemi Urbani*. Franco Angeli, Milano.

Fischer, M.M. (2001): "Innovation, knowledge creation and systems of innovation", The Annals of Regional Science, nº 35, pp.199-216.

OCDE (1999): "Tableau de Bord de l'OCDE de la Science, de la Technologie et de l'Industrie. Mesurer les économies fondées sur le savoir", París.

Pred, A. (1977): City-systems in advanced economies. Hutchinson, London.

Romer, P. (1990): "Endogenous technical progress", Journal of Political Economy, nº 98, pp.71-103.

Sassen, S. (2000): "Cities in a World Economy". Second edition, Pine Forge Press, Thousand Oaks.

Sforzi, F. (1991): "La delimitazione dei sistemi urbani: definizioni, concetti e metodi", en C.S.Bertuglia y A. La Bella (a cura di) *I Sistemi Urbani*. Franco Angeli, Milano.

Trullén, Joan (1998): "Factors territorials de competitivitat de la Regió Metropolitana de Barcelona" a Revista Econòmica de Catalunya, núm 34, pàgs.34-50.

Trullén, J. (2001): La Catalunya ciutats: xarxes de ciutats i economia del coneixement, Congrés Municipalista de Catalunya, 70 pàgs., En premsa.

Trullén, J.; Lladós, J. y R.Boix (2001): Economía del coneixement i competitivitat internacional de la indústria de Barcelona, Perspectiva Econòmica de Catalunya, nº 211, monogràfic, febrero 2001, pàgs. 81-93.

Webber, M.J. (1972): Impact of uncertainty on location. MIT, Cambridge Massachussets.