

'Paris' de 2005 está en la tercera posición en términos de estabilidad, mientras que es la séptima en número de nodos (tabla 3.2.1). 'Madrid' tiene un comportamiento similar. En contraste, 'Rom-Mil-Tur' es una de las megarregiones con más nodos y, al mismo tiempo, su red de carreteras ofrece menos estabilidad.

Los indicadores propuestos para medir la estructura de la red de ciudades a escala megarregional están correlacionados entre ellos. Una red estable incrementa su eficiencia. Además, cuando una red compleja incorpora un alto grado de policentrismo se vuelve más eficiente.

#### *Complejidad de la red de transporte*

Una red de transporte es más compleja cuantos más caminos posibles existan para ir de una ciudad a otra de la red. Se interpreta que el sistema con mayor entropía es el más complejo porque ello implica que cuesta prácticamente lo mismo llegar a cualquier nodo (Cover y Thomas, 2006). El policentrismo se refiere a la pluralidad de ciudades en un territorio. No obstante, el policentrismo tiende a estar estrechamente asociado con una distribución equilibrada en la importancia de estas ciudades, aspecto que mide la complejidad de la red.

La complejidad ( $H$ ), medida a partir del índice de Shannon (1948), no varía mucho en el periodo de análisis (tabla 3). En el análisis hemos tenido en cuenta la distancia de las conexiones como medida ponderada. No obstante, la complejidad se incrementa de 1991 a 2005 en las redes vial y ferroviaria, excepto para los casos de 'Prague' y 'Paris' a causa de su crecimiento. En general los resultados son bastante altos, lo que significa que estas redes son considerablemente densas.

Comparando los valores de complejidad y eficiencia, los resultados muestran una clara relación logarítmica (figura 5). Es decir, que en redes de ciudades densas como son las megarregiones, un pequeño aumento de complejidad significa una eficiencia más elevada. Una complejidad más elevada de la red incrementa la eficiencia, pero hay un estancamiento en sistemas altamente complejos, donde entonces podría ser más eficiente aumentar la información organizada.

Más interesante todavía es observar la relación entre la complejidad o la eficiencia de la red de carreteras y la actividad económica (PIB) en las megarregiones europeas (1991 y 2005), logarítmica en el primer caso y lineal con el segundo (figura 6).

#### *Estructura de la red de ciudades*

En este artículo se ha considerado que una megarregión consiste en una aglomeración policéntrica de ciudades y su entorno menos denso. En base a los criterios definidos, la mayor parte de las megarregiones europeas se han mostrado como redes compactas que mayormente toman una estructura policéntrica. La estructura policéntrica es portadora de más información organizada.

Los principales cambios estructurales son el paso de estructura de árbol a policéntrica (tablas 4 y 5) según la distribución de las ciudades en centros y subcentros de la red (figura 3). Algunas ciudades asumen función de centro, al mejorar las infraestructuras que las conectan con el entorno. Este es el caso de la red ferroviaria de 'Glas-Burgh'. Mientras que en 'Lisbon' la red se torna más monocéntrica, debido a su crecimiento. Las otras megarregiones mantienen el tipo de estructura, con pequeñas variaciones respecto a la distribución de centralidad.

Finalmente, se ha calculado el grado de policentricidad (P) (Marull, *et al.* 2015) para el periodo de análisis (tabla 6). Los resultados muestran una tendencia a aumentar la policentricidad de la red de transporte (vial y ferroviaria). La megarregión con un grado de policentrismo más elevado es 'Frank-Gart'.

La megarregión Barcelona-Lyon es la sexta en policentrismo (P) (figura 7). Cuando una red urbana se hace lo bastante compleja le es más eficiente invertir en información (conocimiento) que en energía para aumentar su actividad económica.

### **3. Conclusiones. ¿Son sostenibles las redes urbanas policéntricas?**

Las megarregiones han emergido como consecuencia de la densificación y la aceleración de los procesos socioeconómicos. Estas redes de ciudades concentran una gran proporción de población, producción, innovación y bienestar social a nivel mundial, aunque también son mayores consumidoras de recursos naturales. Nuestra pregunta de investigación se centra en analizar si las megarregiones evolucionan hacia un modelo (in)sostenible. La pregunta resulta trascendental y tiene implicaciones directas en el planeamiento urbanístico y las políticas territoriales proactivas.

En este artículo se han estudiado las megarregiones desde el punto de vista de la teoría de redes y la 'termoeconomía'. Se ha propuesto un isomorfismo donde las megarregiones se definen como 'sistemas complejos abiertos' formados por redes de ciudades que intercambian energía interna y externa. Las propiedades termodinámicas de los sistemas complejos abiertos sugieren una secuencia donde la estructura interna de las megarregiones debería evolucionar hacia una red más conectada, aumentando su complejidad pero también incrementando la producción de información.

Sin embargo, un sistema urbano no puede absorber con la misma estructura una cantidad ilimitada de energía, de forma que reacciona modificando su organización funcional con la finalidad de poder generar y controlar una mayor cantidad de información, lo que a su vez incrementa su grado de policentrismo. Este proceso permite una reducción de la entropía, y un incremento en la eficiencia y estabilidad del sistema, lo que potencialmente implica una mayor sostenibilidad.

Con el propósito de estudiar la sostenibilidad de las megarregiones, se proponen una serie de indicadores fundamentados en la teoría de redes y la termoeconomía, midiendo las propiedades básicas de la siguiente secuencia: complejidad, policentricidad, eficiencia y sostenibilidad. Los indicadores se han aplicado a la evolución de las doce megarregiones europeas en el periodo 1991-2005. Los resultados muestran que las megarregiones incrementan sus niveles de complejidad, aumentando el grado de policentricidad, e incrementando los niveles de eficiencia y estabilidad. La conclusión es que tanto la secuencia teórica como los cálculos empíricos que la avalan, sugieren que las megarregiones evolucionan hacia una estructura urbana más sostenible.

En consecuencia, los indicadores sobre redes de ciudades propuestos en este capítulo, facilitan el diálogo entre el análisis económico-ecológico de los balances sociometabólicos y el estudio de los sistemas urbanos, en una nueva escala espacial configurada por las megarregiones, lo que a su vez tiene que permitir explorar el desarrollo urbano sostenible de la megarregión Barcelona-Lyon.

## **DINÁMICAS TERRITORIALES: LA SOSTENIBILIDAD DE LAS MEGARREGIONES EUROPEAS**

Elena Domene  
Joan Marull  
Vittorio Galletto

### **1. Una nueva escala para el estudio de los sistemas urbanos**

La imponente representación de la iluminación artificial nocturna de la Tierra nos permite intuir redes de ciudades, con sus conexiones, distribuidas según unos patrones que recuerdan sistemas neuronales, incluso galaxias, según la imaginación del observador (figura 1). Estas imágenes fueron conseguidas con el sensor DMSP-OLS del satélite NOAA (National Geophysical Data Center, Colorado, USA), inicialmente concebido para registrar la presencia de nubes bajo la débil luz lunar. En ausencia de nubes, el sensor capta la luz emitida por las poblaciones, las vías de comunicación iluminadas y la actividad económica.

Las imágenes de luces nocturnas que nos proporciona el sensor satelital DMSP-OLS permiten analizar, a escala planetaria, la evolución de la red de ciudades hacia estructuras que ya superan la escala metropolitana, en sistemas que denominamos megarregiones (Trullén, *et al.* 2010). Las megarregiones son unidades económico-territoriales emergentes a escala global, fruto de la concentración de centros de producción, innovación y mercados de consumo (Florida, *et al.* 2007). Su evolución se basa en dinámicas socioeconómicas; procesos que ocasionan profundas transformaciones en la matriz territorial de la que forman parte y, a la vez, aceleran el cambio global.

En contra de la idea de un 'mundo plano' que se ha asociado al proceso de globalización, la ubicación geográfica es mucho más importante para la economía de lo que nunca antes lo había sido. Cuando se afirma que la globalización tiene el efecto de centrifugar y dispersar la actividad económica (Friedman, 2005), no se tiene en cuenta la importancia de las economías de aglomeración. La disparidad en la capacidad de concentración económica en determinadas áreas metropolitanas —ciudades situadas en torno a los núcleos principales y conectadas a aglomeraciones de escala regional (picos), con respecto a las ciudades que quedan al margen de estos procesos (valles)— corrobora esta afirmación (Castells, 1996). Compiten las empresas, las ciudades, las metrópolis y, ahora, también las megarregiones.

La complejidad en el territorio aparece inevitablemente, como consecuencia de la disipación de energía en el espacio, con la consiguiente construcción de estructuras organizadas (Morrowitz, 2002). El desarrollo del sistema urbano no es ajeno a este proceso disipativo, que provoca una creciente complejidad, inherente al propio metabolismo urbano. Sin embargo, la demanda de suelo para emplazar viviendas, actividad económica, infraestructuras y redes de transporte produce una notable presión en los paisajes.

Demasiado a menudo la dispersión urbana ha sido escasamente gestionada, lo cual ha conducido a un tratamiento del territorio ineficiente. Eso ha comportado graves problemas en la metrópolis y el bienestar de las personas, y en el funcionamiento ecológico de la matriz territorial. Existen numerosos estudios sobre ecología urbana a escala local, y sobre los efectos ambientales del crecimiento urbano a escala metropolitana y regional. No obstante, estos estudios esconden una nueva realidad,

la formación de redes de ciudades a escala megarregional.

En este artículo partimos de la hipótesis de que las megarregiones han emergido a caballo de una mayor disipación de energía y del establecimiento de redes de ciudades más eficientes en el procesamiento de recursos y del conocimiento. Nuevas aplicaciones desarrolladas mediante una metodología fundamentada en datos suministrados por satélites artificiales permiten delimitar las extensiones urbanas, calcular el consumo energético, estimar la actividad económica, evaluar la afectación ecológica y modelizar las emisiones de gases de efecto invernadero producidas en las megarregiones (Marull, *et al.* 2013). Los resultados muestran interesantes relaciones entre factores y fenómenos de distinta naturaleza (económicos, urbanísticos, ecológicos), e introducen un campo inédito de investigación relacionado con una nueva escala geográfica necesaria para explorar la sostenibilidad.

## 2. La formación de redes de ciudades a escala megarregional

Distintas teorías explican por qué existen las ciudades. Una de las más aceptadas es la relacionada con las economías de aglomeración y, particularmente, con las economías de urbanización y las economías de localización (Camagni, 2005). Las economías de localización surgen de la concentración de muchas empresas con características similares en localidades particulares. El emplazamiento de población y empresas en localidades concretas se explica por el interés al beneficiarse de las ventajas derivadas de la existencia de un mercado de mano de obra cualificada, de proveedores locales especializados y de la difusión del conocimiento local (Marshall, 1920).

Las economías de urbanización pueden estar relacionadas con distintos factores, pero estos factores siempre estarán relacionados con el fenómeno urbano: la concentración de empresas en general (Ohlin, 1933); el aumento de la dimensión económica de la ciudad en términos de población, renta, producción o riqueza; un mercado de trabajo eficiente, flexible y preparado (Hoover, 1937); la diversidad social y productiva (Jacobs, 1969), y la densidad de agentes (Ciccone y Hall, 1996). Estos factores generan una red densa y diversa de agentes que estimulan la cooperación económica y social, facilitan la transferencia de conocimiento mediante mecanismos de fertilización cruzada y promueven la innovación. Estas economías de aglomeración impulsan las ciudades hacia una mayor dimensión, pero no explican por qué coexisten, aparentemente en equilibrio, diversas dimensiones urbanas, con funcionalidades económicas distintas (Camagni, 2005).

Una red de ciudades puede ser tanto un sistema de relaciones jerarquizadas como un sistema de relaciones equipotenciales. La diferencia radica en la dirección de los flujos, que son verticales y dominantes en el primer caso, y horizontales y equivalentes en el segundo. En la forma más simple, una red consistiría en nodos conectados con otros nodos. Algunos tipos de red pueden ser bastante simples con respecto al concepto (redes telefónicas o de carreteras, pongamos por caso). Sin embargo, cuando sistemas con solamente una función se entrecruzan con otros configurando sistemas multifuncionales, como las ciudades, los problemas de complejidad y de coordinación se incrementan, y solo pueden tratarse conjuntamente, de una forma integrada.

En economía urbana, las redes de ciudades se han definido como un conjunto de relaciones entre centros similares o complementarios, que conducen a la formación de economías de especialización, división del trabajo y conformación de externalidades en términos de sinergia, cooperación e innovación, establecien-

do, según su intensidad, diferentes tipologías de redes de ciudades (Camagni, 2005).

Tradicionalmente, se han estudiado los sistemas urbanos desde un punto de vista jerárquico (Christaller, 1933). Según esta concepción, las dimensiones urbanas reflejarían la existencia de una jerarquía de bienes y servicios, que expresarían las dimensiones del mercado. Los centros pequeños desempeñarían funciones inferiores, destinadas a cubrir la demanda local, porque su dimensión no les permitiría generar economías de escala; mientras que los centros grandes podrían desarrollar funciones superiores y más especializadas.

No obstante, autores como Boix y Trullén (2007) han demostrado que los sistemas urbanos en realidad integran simultáneamente estructuras verticales (jerárquicas) y horizontales (heterárquicas). Este cambio funcional se explica por la reducción de los costes de transporte y la diversificación de la demanda, lo que rompe con la hipótesis de áreas de mercado separadas, organizadas en torno a sus centros gravitacionales. El resultado es la existencia de economías de localización y de urbanización, la emergencia de centros especializados y la localización en centros urbanos de funciones de alto nivel que no se corresponden a su nivel jerárquico; en contraste con los modelos 'de lugar central'.

El nuevo paradigma de red de ciudades sugiere ampliar el campo de análisis más allá de la ciudad. Se trata de una concepción de las relaciones urbanas que todavía puede estar conformada por estructuras jerárquicas, pero también por otras tipologías de red. De esta forma, el concepto de red de ciudades incluye varios tipos de estructuras espaciales, donde cada grupo de centros o sistemas urbanos está conectado con los otros mediante diversos tipos de relaciones.

En las regiones urbanas policéntricas la sinergia se genera mediante mecanismos de cooperación (sinergia horizontal) y complementariedad (sinergia vertical). Combinado con el comportamiento del tipo de red de ciudades, estos mecanismos pueden generar beneficios económicos a los actores involucrados (Meijers, 2005). La importancia de este cambio de escala es crítico, porque permite alcanzar resultados positivos en términos de eficiencia económica y, probablemente, de sostenibilidad ambiental.

Las megarregiones son conjuntos de ciudades y de metrópolis, con sus entornos suburbanos, donde el capital y el trabajo pueden alcanzar niveles de productividad superiores a los del resto de áreas. Algunas de las funciones que distinguen a las megarregiones están relacionadas con la atracción de talento, el aumento de la capacidad productiva, la innovación y la facilidad de acceso a mercados mayores. Estas nuevas estructuras urbanas pueden desempeñar tales funciones a una escala mayor: mientras que en el pasado las ciudades eran parte de sistemas nacionales, la globalización expone a las ciudades actuales a la competencia internacional.

Así pues, las megarregiones emergen como una unidad económica 'natural'. No son el resultado de límites administrativos artificiales, sino el resultado de la concentración de centros de innovación, producción y consumo, y se extienden más allá de ciudades individuales y sus periferias. Del mismo modo que una ciudad está formada por sus distritos, o un área metropolitana por la ciudad central y sus subcentros, una megarregión es una aglomeración policéntrica de ciudades y sus entornos menos densos. Así como una ciudad no es simplemente un gran barrio, una megarregión no es únicamente una gran ciudad o un área metropolitana, sino que es una entidad 'emergente' con características propias (Florida, 2007).

Un factor clave es que el desarrollo de las megarregiones no empieza desde una aglomeración central hacia una zona no urbanizada, sino que el crecimiento puede incluir la conexión de otras áreas urbanas de tamaño menor y también algunas de dimensión similar a la central. Por lo tanto, se pueden obtener economías urbanas de aglomeración típicas, como las que parten de una estructura económica (y social) densa y diversa, pero también economías alimentadas por las relaciones que se desarrollan en la red de ciudades que forman parte de la megarregión (economías de red). Recordando la discusión anterior sobre economías de red, podemos afirmar que la megarregión es la unidad funcional en mejores condiciones de beneficiarse de las externalidades que proporcionan, al mismo tiempo, las redes verticales y horizontales.

Se podría pensar que precisamente debido a esta enorme aglomeración de personas y actividades económicas que implica la formación de las megarregiones, aparecerían graves problemas ambientales que comprometerían su propio desarrollo y existencia. Está la evidencia de que algunas de estas megarregiones muestran altos niveles de actividad metabólica. Por ejemplo, algunos sistemas urbanos con más población pueden constituir ciudades donde la innovación y la creación de riqueza per cápita son más elevados que en aglomeraciones más pequeñas (Florida, 2010). Pero las grandes ciudades no solo crecen más rápido y son más productivas: ¿pueden ser también más sostenibles?

La respuesta es preciso buscarla en la eficiencia energética y de la red de transporte. Y aquí un factor clave puede ser la densidad. Áreas más densamente pobladas generalmente muestran una mayor eficiencia en la distribución de energía, agua, telecomunicaciones, y una menor necesidad de transporte privado (contaminantes atmosféricos, gases de efecto invernadero) y de consumo de suelo (fragmentación ecológica, pérdida de biodiversidad). No obstante, diversos estudios han puesto en cuestión el énfasis que tradicionalmente se ha dado al objetivo de conseguir la sostenibilidad territorial a través del modelo de forma urbana compacta (Guy y Henneberry, 2000).

Así pues, el nuevo paradigma de la 'red de ciudades' sugiere ampliar el campo de los análisis más allá de la ciudad, hacia una nueva concepción de las relaciones urbanas donde todavía puede haber estructuras jerárquicas, pero también cooperación e innovación (Camagni y Salone, 1993). El desarrollo económico de un territorio, y otros beneficios sociales y ambientales, ya no pueden ser analizados únicamente a través de la perspectiva de las ciudades, las metrópolis o los países. Del mismo modo que existe evidencia de que la forma urbana puede afectar a la sostenibilidad (Williams, *et al.* 2000), la estructura de la red de ciudades que configura una megarregión (dimensión, densidad, conectividad, usos) puede derivar en resultados económicos y ecológicos muy distintos. Por ese motivo, es preciso desarrollar metodologías sistémicas que establezcan el tipo de relación existente entre la estructura funcional de la red de ciudades que configura una megarregión y parámetros económicos y ecológicos significativos.

## 3. Las dinámicas territoriales de las megarregiones en Europa

Existen diversos estudios que permiten delimitar las megarregiones a partir de una serie articulada de criterios (como las redes de transporte, el crecimiento demográfico o el consumo de suelo) (Lang y Dhavale, 2005). El cálculo de indicadores para entidades geográficas que no se corresponden con unidades administrativas tiene como consecuencia lógica la falta de estadísticas oficiales ajustadas para los límites de estas entidades. Una forma

de solucionar este problema se ha encontrado en la utilización de imágenes tomadas desde satélites que capturan la iluminación proveniente de la Tierra. A partir de estas luces y de su intensidad se puede estimar cómo se distribuyen diferentes variables, asumiendo que donde hay población y actividad económica existe emisión de luz (Doll, *et al.* 2000).

Para la delimitación de las megarregiones europeas el método de referencia utilizado ha sido el que propone Florida *et al.* (2007). Se ha elegido este procedimiento por su eficacia y facilidad de aplicación en diversos contextos. La metodología (Doll, *et al.* 2000) utiliza los datos suministrados por los sensores satelitales que registran la luz que se emite de noche desde la superficie terrestre, debida casi exclusivamente a las actividades antrópicas. El método permite detectar la huella urbanizada a una escala global y delimitar megarregiones allí donde estas presentan rasgos de sustancial continuidad.

Nuevas aplicaciones de una metodología fundamentada en datos procedentes del sensor satelital DMSP-OLS (Doll, 2008), desarrolladas por el IERMB con el objeto de delimitar las extensiones urbanas que conforman las megarregiones, permiten estimar la población residente, la actividad económica, la capacidad de innovación, el consumo energético o las emisiones de gases de efecto invernadero, y se complementan con los análisis de redes urbanas y de la matriz territorial. El método establece una base de análisis muy útil a escala megarregional, con el valor añadido de aportar información de gran interés sobre unidades territoriales para las que faltan datos oficiales.

Es importante destacar que el uso de las imágenes de satélite permite realizar una distribución o asignación de los datos estadísticos oficiales existentes (correspondientes a unidades administrativas reconocidas) a nuevas unidades geográficas como son las megarregiones, que se forman por la contigüidad de puntos luminosos, de forma completamente independiente de donde se sitúan los límites entre unidades administrativas o, incluso, entre países. Es decir, lo que se pretende no es calcular la magnitud en cuestión (como por ejemplo el PIB), sino, a partir de los datos oficiales, asignar la parte correspondiente a un territorio determinado.

Se trabaja con un período de tiempo de hasta veintiún años (desde 1992 hasta 2012) para los que existen datos NTL proporcionados por el NOAA-DGDN. El marco geográfico en que se enmarca este estudio son las doce megarregiones europeas que forman parte de la Unión Europea (UE-27). Se utilizan diferentes niveles espaciales (véase figura 2), definidos por dos unidades administrativas (NUTS0 y NUTS3) y la unidad de análisis megarregional.

No obstante, se trata de una metodología que también presenta una serie de inconvenientes. En primer lugar, existe un problema técnico que se refiere a la intensidad con que se registra la luz. Como es un instrumento que se ha concebido para finalidades distintas a la de captar la luz nocturna, el sensor no está preparado para capturar toda la gama de intensidades de emisiones de luz, de modo que a partir de cierta intensidad el sensor queda saturado. Este problema se traduce en una posible menor precisión a la hora de asignar variables al centro de las áreas urbanas, ya que no puede ponderarse por una mayor emisión de luz. El hecho de trabajar con datos a nivel de NUTS3 facilita que el sesgo introducido no sea muy elevado.

Un segundo problema tiene que ver con la consideración de las actividades que se realizan en zonas 'oscuras', es decir, la agricultura. Este artículo se centra en las áreas urbanas de países desarrollados, donde el peso de las actividades primarias sobre el total del PIB

y del empleo es muy bajo; por lo tanto, se puede considerar que este problema también constituye una fuente menor de desviación.

El método de cálculo utilizado para estimar el consumo de energía es análogo al utilizado en trabajos recientes (Ghosh, *et al.* 2010), elaborados de acuerdo con los datos que proporciona el sensor satelital DMSP-OLS. A partir de los valores de consumo energético se pueden estimar las emisiones de CO<sub>2</sub>. Para hacerlo, se multiplica el consumo de energía primaria (PEC) por un coeficiente que depende del mix energético de cada país. Se ha obtenido el valor del coeficiente de emisiones de las tablas publicadas por la EIA.

Por otra parte, la evolución de las megarregiones tiene un papel determinante en la dinámica del paisaje. El cambio de usos del suelo representa un importante componente del llamado *cambio global*. Trabajos recientes han puesto de manifiesto una drástica transformación de los paisajes euromediterráneos en los últimos 50 años, que incluye procesos acelerados de urbanización en zonas llanas y de abandono agrícola y aforestación en zonas de montaña (Gerard *et al.* 2010). Estos cambios reflejan las transformaciones socioeconómicas en el último medio siglo, y tienen a la vez consecuencias en el funcionamiento de los ecosistemas (Marull, *et al.* 2010). Los cambios no solo afectan a la composición de los paisajes, sino que también pueden afectar a su configuración espacial (Forman, 1995).

El estudio de estos patrones espaciales a menudo ha sido abordado mediante el cálculo de las llamadas *métricas del paisaje*. Es cada vez más evidente que cambios en factores como la fragmentación de los paisajes afectan a propiedades funcionales de los mismos, como la conectividad ecológica y, de rebote, la conservación de la biodiversidad (Fahrig, 2003). El artículo pretende profundizar en las consecuencias del crecimiento de las megarregiones sobre atributos que explican el patrón espacial del paisaje y sus propiedades funcionales a lo largo del tiempo.

Acto seguido se presenta un seguimiento a lo largo del tiempo (1992-2012) de los indicadores de sostenibilidad seleccionados (sociodemográficos, socioeconómicos, conocimiento e innovación, socioambientales, urbanismo y eficiencia territorial), con el objetivo de analizar las doce megarregiones europeas (UE-27) y realizar una evaluación comparativa con respecto a la megarregión Barcelona-Lyon.

### 3.1. Los indicadores sociodemográficos

#### Población

La población de las megarregiones de la UE-27 estaba cercana a los 300 millones de personas en 2012 (figura 3). La megarregión con una población más elevada es 'Am-Brus-Twerp', seguida de 'London', 'Rom-Mil-Tur' y 'Vienna-Budapest'. 'Berlin', 'Madrid' y 'Glas-Burgh' son las megarregiones con menos población. El crecimiento de la población del conjunto de las megarregiones europeas en el período de análisis (1992-2012) ha sido del 31 %. Todas las megarregiones europeas experimentan tasas de crecimiento positivas: destacan 'Lisbon' y 'Prague' con incrementos relativos mayores, y 'Am-Brus-Twerp', 'Glas-Burgh' y 'Rom-Mil-Tur', como las megarregiones donde menos ha aumentado la población. La megarregión Barcelona-Lyon era la sexta en términos de población en el año 2012.

#### Empleo

El número de personas ocupadas del conjunto de las megarregiones europeas calculado a partir de datos estatales (NUTS0) ha aumentado el 37 % a lo largo de los años, pasando de 97,19 millones de personas ocupadas en 1992 a 132,95 millones en 2012. La recesión

económica de 2008 ha hecho disminuir de forma dramática el número de personas ocupadas por mil habitantes en megarregiones como 'Lisbon', 'Madrid', y también en la megarregión Barcelona-Lyon (figura 4). Las megarregiones que se sitúan mayoritariamente en el norte de Europa continental son las que mejor han resistido la crisis económica en términos de empleo. Las megarregiones 'London' y 'Glas-Burgh', con uno de los niveles de empleo más elevados de las megarregiones europeas, presentan, sin embargo, un descenso importante.

### 3.2. Los indicadores socioeconómicos

#### Producto interior bruto

El producto interior bruto (PIB) del conjunto de las megarregiones europeas, estimado a partir de los datos estatales, ha experimentado un crecimiento progresivo en el período de estudio, pasando de 3.596.259 millones de euros en el año 1992 a 8.058.803 millones de euros en el año 2012. Las tres primeras megarregiones con un PIB per cápita más elevado son 'Am-Brus-Twerp', 'Frank-Gart' y 'Paris' (figura 5). Los datos muestran los efectos de la crisis económica a partir de 2008 en la mayoría de megarregiones y, en general, una cierta recuperación a partir de ese año. La megarregión Barcelona-Lyon presenta un PIB per cápita comparativamente bajo, solo por encima de 'Madrid', 'Lisbon' y 'Vienna-Budapest'.

#### Formación bruta del capital fijo

Otro indicador económico interesante es la formación bruta del capital fijo, una medida de cómo parte del nuevo valor añadido se invierte en lugar de ser consumida. En general, en valores absolutos, se observa un incremento en la inversión a lo largo de los años, con un claro descenso con motivo de la crisis financiera a partir de 2007-2008, en la mayoría de megarregiones. La megarregión Barcelona-Lyon se sitúa la quinta en términos de formación bruta del capital fijo, habiendo conseguido doblar este tipo de inversión en el período analizado (1992-2012). La formación bruta del capital fijo per cápita (figura 6), presenta una dinámica parecida a los valores absolutos, con un crecimiento progresivo hasta 2007 en la mayoría de megarregiones, año a partir del cual hay una disminución de la inversión como consecuencia de la crisis económica. Durante los años previos a la crisis destacan 'Barce-Lyon' y 'Madrid' como las megarregiones con unos valores más altos de formación bruta del capital fijo per cápita. Las megarregiones 'Prague', 'Lisbon' y 'Vienna-Budapest' son las que presentan valores más bajos en este indicador.

### 3.3. Los indicadores de conocimiento-innovación

#### Patentes EPO

La creación de patentes EPO (European Patent Office) es uno de los principales indicadores para evaluar la generación de conocimiento de una economía. Todas las megarregiones experimentan un crecimiento progresivo en las solicitudes de patentes en el período de estudio. En valor absoluto, 'Am-Brus-Twerp' destaca por encima de las demás megarregiones con respecto a la solicitud de patentes, seguida de 'Frank-Gart'. Se da un crecimiento progresivo del número de patentes per cápita hasta 2007 en la mayoría de megarregiones (figura 7) y a partir de 2008, en general, se constata un descenso debido a la recesión económica. En las megarregiones alemanas 'Berlin' y 'Frank-Gart', así como 'Am-Brus-Twerp' y 'Prague', que también ocupa una buena parte del territorio alemán, es donde se solicitan más patentes por habitante. La megarregión Barcelona-Lyon se sitúa la sexta en términos de solicitudes de patentes per cápita, por detrás de 'Paris'.



## Personal en I+D

La cantidad de trabajadores que se dedican a investigación y desarrollo (I+D) es uno de los indicadores que mide el esfuerzo en innovación; es lo que se denomina un indicador de input en el proceso innovador. Este indicador se mide en equivalencia a dedicación plena. El personal empleado en I+D ha ido aumentando progresivamente en las megarregiones europeas, pasando de un total de 969.758 en 1992 a un total de 1.661.069 en 2012. Los valores absolutos más elevados se dan en las megarregiones 'Am-Brus-Twerp' y 'London'. En relación con el personal en I+D per cápita, hay diferencias muy significativas entre las distintas megarregiones, que responden a la dinámica del país (figura 8). Las megarregiones alemanas, francesas e inglesas son las que tienen más población empleada en I+D. Las megarregiones con menos personal dedicado a investigación por habitante son 'Madrid' (con un importante decrecimiento los últimos años), 'Rom-Mil-Tur', 'Lisbon' y 'Viena-Budapest'. En este sentido, la megarregión Barcelona-Lyon queda favorecida por el hecho de compartir territorio con Francia (que aporta más personal en I+D).

## 3.4. Los indicadores socioambientales

### Consumo de energía primaria

El consumo de energía primaria de las megarregiones europeas en estos 21 años, calculado a partir de los datos estatales, ha pasado de 791 millones de TEP en 1992 a 966 millones de TEP en 2012. Ello ha supuesto un incremento del 22%, que si se compara con el aumento de la población, que ha sido del 30%, o con el del PIB, que ha sido del 124%, es un primer indicador de que ha habido cierta disociación entre el consumo de energía y la actividad económica en las megarregiones europeas tratadas de forma global. Las megarregiones que consumen más energía primaria per cápita son 'Am-Brus-Twerp', 'Paris' y las dos alemanas, 'Frank-Gart' y 'Berlin' (figura 9). La megarregión Barcelona-Lyon ocuparía la sexta posición en consumo de energía per cápita, con una clara tendencia decreciente.

### Emisiones de GEI

Un reto prioritario de la Unión Europea es disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) sin comprometer el desarrollo económico. En consecuencia, uno de los objetivos principales marcados por la Estrategia Europa 2020 es reducir las emisiones de GEI (el 20% para el año 2020, respecto del año 1990). En conjunto, las megarregiones europeas han aumentado el 4% las emisiones de GEI entre 1992 y 2012, producido, también, por el crecimiento territorial de las megarregiones. No obstante, en general se observa una clara disminución de las emisiones GEI per cápita (figura 10). Las megarregiones de 'Berlin', 'Prague' y 'Am-Brus-Twerp' presentan mayores niveles de GEI per cápita, mientras que 'Barce-Lyon', 'Madrid' y 'Lisbon' son las que muestran menores emisiones.

## 3.5. Los indicadores de urbanismo

### Forma urbana

Un indicador de forma urbana sobradamente utilizado es la densidad urbana (población por superficie urbanizada). En este caso, la densidad urbana se ha calculado dividiendo la población de cada una de las megarregiones entre el área iluminada obtenida a partir de los datos satelitales (esta metodología explica las fluctuaciones en los resultados presentados). La densidad urbana es, por definición, superior a la densidad de población. La densidad urbana en las megarregio-

nes ha ido disminuyendo progresivamente debido a la inclusión de nuevos territorios periféricos, con menos población por superficie (figura 11). Las megarregiones más densamente pobladas son 'London', 'Glas-Burgh' y 'Berlin'. La megarregión Barcelona-Lyon presenta una densidad urbana moderada (307 hab/km<sup>2</sup> en el año 2012), comparable a la de 'Rom-Mil-Tur'.

## 3.6. Los indicadores de eficiencia territorial

### Matriz territorial

Las relaciones entre factores económicos y ecológicos (figura 12) nos dan una aproximación al concepto de *eficiencia territorial*. La relación entre la actividad económica (PIBpc) y la funcionalidad ecológica de la matriz territorial (ICE) permite valorar las megarregiones que mejor aprovechan económicamente su territorio preservando, a la vez, la calidad ambiental de los ecosistemas.

Para entender estos resultados es preciso tener en cuenta que los sistemas de ciudades que configuran las megarregiones delimitan zonas muy amplias del territorio que pueden estar estructuradas, según diferentes grados de eficiencia, por redes urbanas, pero también por sistemas de espacios abiertos (figura 13). Según este estudio, la megarregión de Frankfurt-Stuttgart sería muy eficiente, al alcanzar unos valores altos para los dos indicadores. La megarregión de Viena-Budapest, por el contrario, no saldría bien valorada, al tener los valores más bajos del PIB, o la megarregión de Amsterdam-Bruselas-Amberes, que tampoco saldría bien valorada pero en este caso por tener los valores más bajos respecto al ICE.

## 4. Conclusiones: la megarregión Barcelona-Lyon en el contexto europeo

Los resultados anteriores ponen de manifiesto que la megarregión Barcelona-Lyon era la sexta megarregión europea más extensa en superficie en el año 2012 (88.934 km<sup>2</sup>) y la sexta en términos de población, pasando de 16,5 a 27,3 millones de habitantes en el periodo de estudio (tabla 1). El crecimiento mayor se experimentó en el año 2008, cuando parte de las comunidades Valenciana y de Murcia se incorporaron a esta megarregión, que ya llega hasta Almería (2012).

Con respecto a los indicadores socioeconómicos, los datos muestran los efectos de la crisis económica a partir de 2008. En el año 2012, la megarregión Barcelona-Lyon era la séptima megarregión europea en PIB per cápita, la undécima a nivel de empleo (397,6 empleados/1.000 habitantes) y la quinta en formación bruta de capital fijo (5.124 euros/habitante).

En cuanto a los indicadores de conocimiento-innovación, en el año 2012 la megarregión Barcelona-Lyon se situaba en la sexta posición con respecto a las solicitudes de patentes (con 90,6 patentes/millón de habitantes), y en la octava en personal dedicado a I+D (5.518 en equivalencia a tiempo completo/millón de habitantes). Por último, Barcelona-Lyon era la quinta en consumo de energía primaria (3,56 TEP/habitante) y la novena respecto a las emisiones de gases de efecto invernadero (7,67 toneladas de CO<sub>2</sub>/habitante).

En síntesis, la megarregión Barcelona-Lyon se sitúa, en relación con las megarregiones europeas, en valores promedio para los indicadores seleccionados, excepto en nivel de empleo, actividad económica, economía baja en carbono e inversión en I+D, con valores peores, claramente por debajo de la media.

# LAS MEGARREGIONES EUROPEAS Y LA ECONOMÍA DEL CONOCIMIENTO

Vittorio Galletto  
Rafael Boix

## 1. Generación de conocimiento e implicaciones económicas

En el contexto económico actual, todavía caracterizado por los resultados de una crisis muy severa, resulta urgente y necesario reforzar aquellos factores productivos que ayuden a alcanzar una trayectoria de desarrollo más sostenido y a la vez, más inclusivo y más sostenible. La mejora de la productividad desempeña aquí un papel clave. Se pueden distinguir dos vías básicas para aumentar la productividad aparente del trabajo: incrementar el stock de capital por trabajador, y mejorar la productividad total de los factores. La mejora en la productividad total de los factores se puede realizar mediante la reducción de la ineficiencia (por ejemplo, mejorando las condiciones de uso de los factores productivos locales), o mediante el cambio técnico (por ejemplo, potenciando el capital humano, las bases de conocimiento, pero también el bienestar y las condiciones de vida).

El cambio técnico y la innovación —que consiste en la creación y difusión de nuevos productos, procesos, métodos y prácticas— son posiblemente la vía estratégica por la que se debe optar a medio y largo plazo para hacer crecer la productividad total de los factores y, por lo tanto, el desarrollo. La innovación debería ayudar a resolver los retos sociales más inmediatos pero también los de más largo plazo, como los cambios demográficos, la escasez de recursos y el cambio climático. Por otra parte, las economías innovadoras son más productivas, más resistentes y más adaptables al cambio, y facilitan la consecución de unos estándares de vida más altos para la población (OECD, 2015). La consecuencia es que para impulsar la innovación es preciso desarrollar una economía en la que el conocimiento y la creatividad sean los factores productivos clave.

Ello es especialmente relevante para una metrópolis de base exportadora como Barcelona, que además forma parte de una megarregión dinámica como lo es la de 'Barce-Lyon'. En la medida en que el desarrollo de la megarregión se base en la potenciación del cambio técnico y la innovación como vía de crecimiento de la competitividad, el conocimiento incorporado a las actividades productivas y la innovación asociada a este conocimiento pasan a ser elementos fundamentales para alcanzar un crecimiento económico inclusivo y sostenible (Trullén, 2015).

El objetivo de este artículo es proporcionar una panorámica de las bases de conocimiento en las megarregiones europeas y realizar una primera aproximación de naturaleza exploratoria a la relación entre las bases de conocimiento y la generación de riqueza en estas megarregiones europeas.

El artículo se estructura en cinco apartados. Después de esta breve introducción, el apartado 2 está dedicado a aspectos conceptuales relativos a la economía del conocimiento y los indicadores relacionados con esta, que son los utilizados en el artículo. El breve apartado 3 se dedica a revisar algunos elementos metodológicos empleados para la construcción de la información cuanti-