



CONAMA10
CONGRESO NACIONAL
DEL MEDIO AMBIENTE

COMUNICACIÓN TÉCNICA

Mega-regiones: desde la visión económica a la perspectiva ambiental

Autor: Elisabet Badia Nieto

Institución: Colegio de Ambientólogos de Cataluña (COAMB)

e-mail: elisabet.badia@gmail.com

Otros Autores: Andrea Manenti (COAMB)

RESUMEN

Las imágenes de luces nocturnas producidas por el satélite americano DMSP-OLS (Defense Meteorological Satellite Program - Operational Linescan System) permiten analizar a escala planetaria la evolución de la agrupación de ciudades y otras áreas urbanizadas que llamamos Mega-regiones. Éstas son unidades económicas emergentes a escala global, fruto de la concentración de centros de producción, innovación y mercados de consumo. Su evolución se basa fundamentalmente en la creación de expectativas y producción de dinámicas económicas, que ocasionan a su vez profundas transformaciones en el territorio.

Podríamos considerar la Mega-región como un enorme organismo biológico, un gran sistema disipativo, termodinámicamente abierto, que intercambia energía y materia con el entorno. Hemos estudiado su estructura y su funcionamiento desde una perspectiva inédita, que puede ser muy útil para entender de forma más orgánica los procesos territoriales.

Presentamos aquí los resultados de un estudio que ha comparado algunos aspectos de las Mega-regiones de París y de Barcelona-Lyon, delimitándolas según los criterios definidos por Florida *et al.* (2007) y observando su evolución en tres escenarios temporales. Estos aspectos son: estructura en **redes de ciudades**, balance de **consumo de energía y de emisiones de CO₂**, y impactos sobre la **dinámica del paisaje**.

Esta investigación se ha realizado en el marco del Máster de Intervención y Gestión del Paisaje de la UAB bajo la dirección de Dr. Francesc Muñoz, con la supervisión del Dr. Joan Marull del Dep. de Estudios Satelitales y de Sostenibilidad del IERMB. También queremos agradecer a Salvador Rueda los consejos que recibimos en un momento clave para la elaboración del mismo.

Palabras Clave: Mega-región, DMSP-OLS, redes, metabolismo, paisaje, energía, emisiones, urbanización.

Índice

1. Introducción

2. Mega-regiones: desde la perspectiva económica a la perspectiva ambiental

2.1. Paisajes nocturnos

2.2. Procesos de regionalización

3. La Mega-región como organismo biológico

3.1. Casos de estudio y delimitación de las mega-regiones

3.2. Redes de movilidad

3.3. Energía y emisiones

3.4. Paisaje y funcionalidad ecológica

4. Conclusiones

Anexo metodológico

Bibliografía y referencias

1. Introducción

Una vez finalizado el Máster en Intervención y Gestión del Paisaje (UAB) y después de haber trabajado desde diferentes enfoques en paisaje y otros temas afines, teníamos presente una evidencia a la hora de plantear este trabajo: los territorios se ven imbuidos en intensas dinámicas que determinan los paisajes que contienen, y que, muy alejadas de sus vocación y condiciones previas, son el reflejo de procesos y estrategias de base casi exclusivamente económica.

La globalización de la economía a nivel planetario es un hecho cada vez más patente, también en el paisaje. La movilidad del capital permite que las grandes decisiones se tomen a miles de kilómetros de distancia y puedan determinar perspectivas de desarrollo económico de regiones enteras (Rueda 2002). El poder transformador de estas grandes decisiones se vuelve cada vez más evidente, y es dramático comprobar cómo, a parte de la explotación masiva de recursos, estas decisiones “desterritorializadas” no cuentan con la lógica del lugar, imponiendo, eso sí, ejes de conexión y nuevas dinámicas territoriales, y generando a la vez nuevos paisajes más o menos banales y en serie.

Al mismo tiempo, y paradójicamente, se produce una revalorización de la especificidad del lugar que, según el geógrafo Richard Florida, constituye la clave de este proceso. Florida afirma que, en las dinámicas de la economía actual, la verdadera fuente de crecimiento procede de la concentración y de la unión de personas creativas y con talento. Este tipo de población dispone de un menú de lugares extraordinariamente diverso, donde la calidad prima en el momento de la elección. En contra de la idea generalizada de “mundo plano” que se ha asociado al proceso de globalización, la ubicación geográfica es mucho más importante para la economía global de lo que nunca antes pudo haber sido. De hecho mucho antes que Florida, Castells ya apuntaba este fenómeno en *The Rise of the Network society* (1996) argumentando las disparidad entre el poder de concentración económico en grandes áreas metropolitanas alrededor de los núcleos principales, conectadas en enormes aglomeraciones urbanas a escala regional (picos), y los valles, que se quedan al margen de estos procesos y de dinámicas de competitividad global.

Sea como sea, cada territorio desarrolla unas estrategias peculiares en su proceso de crecimiento, y son éstas las que hemos estudiado en el trabajo que presentamos. Queremos entender como diferentes Mega-regiones se han formado y han crecido, y las repercusiones a nivel de metabolismo y paisaje que el proceso conlleva. Presentamos un trabajo que analiza desde la perspectiva ambiental los cambios territoriales a escala macro-regional, y que empieza por una observación insólita del planeta: su paisaje nocturno.

2. Mega-regiones: desde la perspectiva económica a la perspectiva ambiental

2.1. Paisajes nocturnos

Las imágenes de luces nocturnas producidas por el satélite americano DMSP-OLS nos muestran un paisaje que es familiar y sorprendente a la vez: un gran pizarrón donde las manchas más claras no son sino las huellas de las actividades humanas sobre la superficie terrestre. La luz emitida de noche por las ciudades es hoy una de las manifestaciones más espectaculares de la extensión y de las transformaciones del fenómeno urbano a escala global. De esta forma, las tecnologías de la teledetección se han vuelto una plataforma privilegiada para observar un mundo que cambia a gran velocidad, para interpretar sus dinámicas e imaginar su evolución.

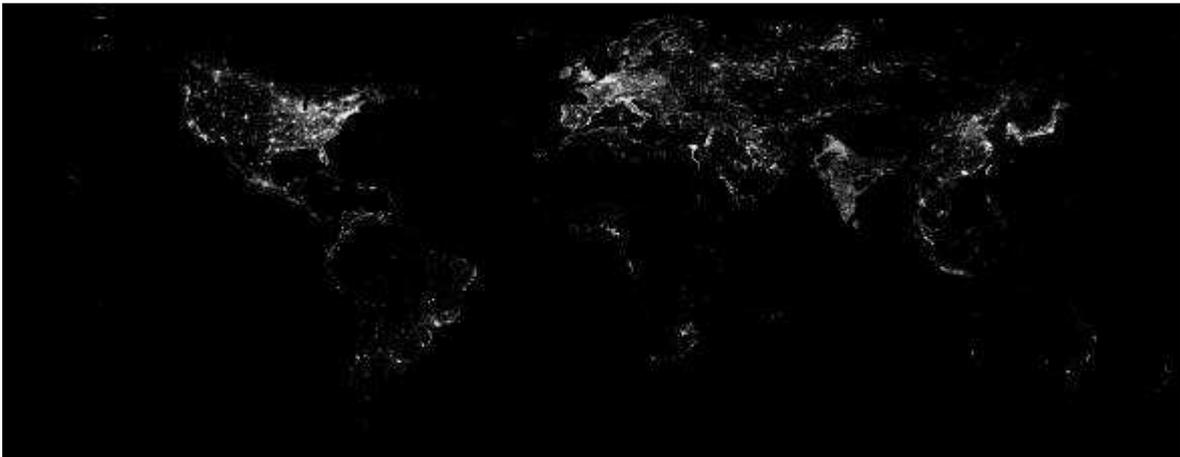


Figura 1. Visión nocturna de la Tierra. Fuente: DMSP-OLS Night-time lights / stable lights 2007.

Lo más destacable de este paisaje nocturno es quizás la formación y el crecimiento de verdaderas nebulosas que, más allá de los focos más brillantes (las manchas de los principales centros urbanos y de sus áreas metropolitanas) conforman enormes regiones urbanizadas, cruzando a menudo las fronteras nacionales. La luz no tiene una distribución homogénea: se concentra en unos puntos más que en otros, y a primera vista se pueden asociar estos puntos a las áreas más dinámicas del planeta, al menos desde el punto de vista económico. La globalización no ha generado un mundo más nivelado y más homogéneo, sino un mundo puntiagudo, dominado por unos picos de densidad demográfica, de producción y de innovación económica¹.

2.1. Procesos de regionalización

Hay muchas aportaciones científicas que abordan el tema de la formación de mega-regiones en el mundo. “Mega-región” se puede entender como una evolución del

¹ Una descripción más extensa de este *mundo puntiagudo* se puede encontrar en Florida, Richard (2008), *Who's your city*, trad. al castellano: *Las ciudades Creativas*, Barcelona : Paidós, p. 27-48

concepto de “Megalópolis”, introducido al final de los años 50 por el geógrafo francés Jean Gottmann para describir la enorme aglomeración urbana a lo largo de la costa este de E.U.A., que se extiende desde Boston a Washington (Gottmann 1961).

En tiempo más recientes, el concepto se ha utilizado para entender el papel de estas grandes aglomeraciones en el contexto de la economía global. A partir de la idea de “global cities”, en la que los nodos principales establecen una jerarquía de relaciones socio-económica a escala global, se ha introducido el concepto de “global city-region”. Scott *et al.* (2001) muestra como las ciudades-región tienen un papel cada vez más relevante como nodos espaciales de la economía global y como destacados actores políticos en el escenario mundial. Estos autores subrayan que, cuando hablamos de organización social y económica, las ciudades en sí mismas ya no son unidades de análisis adecuadas, fuera del contexto de una red de ciudades a escala regional. Según Florida *et al.* (2007) las mega-regiones son el producto de la concentración de centros de innovación, de producción y de mercados de consumo, que han emergido como la nueva unidad económica “natural”. Así pues, una mega-región no es simplemente una ciudad que ha expandido su área urbanizada, sino una aglomeración policéntrica de ciudades y de sus periferias de más baja densidad. Analizando los motivos de la base del “éxito” económico de estas nuevas unidades geográficas, Sassen (2007) argumenta que las ventajas específicas de la escala macroregional consiste en la coexistencia, dentro de un mismo espacio regional, de múltiples tipos de economía de aglomeración.

Así pues, tamaño, diversidad y sobre todo una estructura en red de ciudades, son las principales características que hay que considerar cuando hablamos de mega-regiones.

La economía urbana y la geografía urbana han estudiado a fondo el paradigma de la “city network” para explicar las dinámicas de organización espacial a escala regional. La estructura en red explica la realidad de los sistemas urbanos con una lógica más amplia de la utilizada por modelos interpretativos más tradicionales basados en la “Central place theory” de Christaller. Camagni y Salone (1993) definen las redes de ciudades como sistemas de relación horizontales, no jerárquicos, entre centros especializados, que proveen externalidades de sinergia/cooperación o de integración complementaria/vertical. Según Boix (2003) una red de ciudades es una estructura en la cual las ciudades son nodos conectados por enlaces socio-económicos, a través de los cuales se intercambian flujos, soportados por infraestructuras de transporte y de comunicación. El mismo autor subraya la posibilidad de coexistencia de estructuras jerárquicas y no-jerárquicas, la cooperación entre las ciudades, la generación de ventajas asociadas a la organización de la estructura urbana y la interacción entre los nodos. Diversos intentos se han hecho para identificar y describir la red de ciudades en diferentes ámbitos geográficos (regional, nacional, continental, global), utilizando diferentes metodologías de análisis; algunos ejemplo se encuentran en Emanuel (1991) Camagni *et al.* (1994), Nel-lo *et al.* (2000), Boix (2003), Wall (2009). Sin embargo, ninguno de estos trabajos aborda la materialización física de la red de ciudades y las consecuencias de sus características sobre la morfología y la funcionalidad territorial. Relacionar los rasgos de las redes de ciudades con los procesos territoriales y paisajísticos es un nuevo campo de investigación, que el presente trabajo se propone empezar a explorar.

3. La Mega-región como organismo biológico

La Mega-región tiene propiedades asimilables a las de un enorme organismo biológico. Aquí nos proponemos estudiar sintéticamente su estructura y funcionamiento, con la idea que una perspectiva como ésta puede ser muy útil para entender de forma más orgánica las dinámicas territoriales.

En concreto, podemos considerar la Mega-región como un gran sistema urbano disipativo. Los **sistemas disipativos** son sistemas termodinámicamente abiertos, lejanos del equilibrio, que intercambian energía y materia con el entorno (Pulselli *et al.* 2006). Las ciudades absorben grandes cantidades de energía, la metabolizan en su funcionamiento y, en consecuencia, producen entropía. Sin embargo, una parte de ésta se recupera siempre en términos de información, permitiendo así aumentar el nivel de organización del sistema.

En este peculiar estudio *anatómico* y *fisiológico* que proponemos, nos vamos a fijar en unos aspectos claves de las mega-regiones, centrándonos en cómo se relacionan entre sí y comparando diferentes casos de estudio.

El primer aspecto es la estructura en **red de ciudades**. En un contexto sistémico, las interacciones entre los diferentes elementos del sistema (en este caso: las ciudades) tienen un papel más relevante que los elementos cogidos individualmente. Así pues, a través del estudio de las redes que configuran las mega-regiones es posible entender como los flujos (de materia, de energía y de información) circulan en su interior, y por tanto aproximarse a su manera de auto-organizarse.

El segundo aspecto tiene que ver con el **metabolismo** del sistema. Como sistemas disipativos, las mega-regiones consumen grandes cantidades de energía. Una vez metabolizada, ésta se convierte en entropía, una parte de la cual se puede aprovechar para aumentar el nivel de organización del sistema.

Hemos desarrollado una metodología para obtener un **balance energético** anual de las mega-regiones, útil también para hacer una estimación de las **emisiones de CO₂** a la atmosfera. Éstas últimas se pueden interpretar como una componente de la generación de entropía por parte del sistema.

Finalmente, el tercer aspecto incide sobre la interacción entre la evolución de la mega-región y la dinámica del **paisaje**. A partir de indicadores de ecología del paisaje hemos analizado el impacto sobre la matriz territorial que tiene el desarrollo de las dos mega-regiones consideradas. La producción de entropía y los procesos de fragmentación son fundamentales para entender la evolución en los tres escenarios de estudio.

3.1. Casos de estudio y delimitación de las mega-regiones

Hemos considerado dos mega-regiones europeas, identificadas a partir de unos criterios comunes, para evaluar, comparativamente, dos diferentes modelos de crecimiento y de estructuración espacial. Estas dos mega-regiones son **París** y **Barcelona-Lyon**. A la hora de definir sus límites, hemos aplicado los mismos criterios a otros emplazamientos del

área euro-mediterránea, para ver otros posibles casos de estudio comparativos. Estas otras mega-regiones son: **Atenas, Estambul, El Cairo y Argel.**

Existen diversos estudios que tienen por objeto la delimitación de mega-regiones a partir de una serie articulada de criterios. Los criterios a tener en cuenta han sido, con diferentes gradientes de importancia, aspectos como la movilidad (isocronas), los movimientos demográficos, el consumo de suelo, algunos rasgos ambientales, la presencia de barreras naturales, caracteres culturales y económicos y también límites administrativos existentes (SPUR 2007; RPA 2007 entre otros).

El criterio escogido en el presente artículo se basa en las imágenes nocturnas de DMSP-OLS, propuesto por Florida *et al.* (2007), basado en la contigüidad física de las luces nocturnas. Con esta metodología se puede vislumbrar el nivel de integración mutua de los sistemas urbanos y, en consecuencia, si una parte del territorio forma parte de una determinada mega-región.

El procedimiento que hemos seguido está detallado al anexo metodológico. A continuación, presentamos los resultados obtenidos para tres series históricas de datos (1992, 2001 y 2007), que nos dan una primera imagen de la evolución (en los casos considerados la expansión) de las mega-regiones en el tiempo.

Tabla 1. Superficie y población de las mega-regiones de París y Barcelona-Lyon.

	1992	2001	2007
Superficie (km²)			
París	18.861	31.273	32.270
Barcelona-Lyon	45.035	56.323	81.642
Población²			
París	13.050.843	15.034.118	15.378.779
Barcelona-Lyon	15.059.192	17.706.802	24.394.848
Densidad (hab./km²)			
París	692	481	477
Barcelona-Lyon	334	314	299

Fuente: elaboración propia a partir de datos DMSP-OLS y CIESIN.

Como se puede ver en los mapas, la evolución en el tiempo no corresponde a un crecimiento absoluto de las áreas urbanizadas, sino a la progresiva integración de diversos territorios dentro de la mega-región, según los criterios de umbral definidos.

² Hemos hecho una estimación de la población utilizando como base la *Gridded Population of the World, version 3 (GPWv3)*, que tiene una resolución espacial de 2,5 arco-minutos. Estos datos están disponibles por intervalos de 5 años a partir del 1990. Para la estimación de la población del 1992, 2001 y 2007 se han considerado, respectivamente, los datos del 1990, del 2000 y del 2005. Fuente: Center for International Earth Science Information Network (CIESIN), Columbia University. Palisades, NY. Disponible en la web: <http://sedac.ciesin.columbia.edu/gpw> (consulta Noviembre 2010)

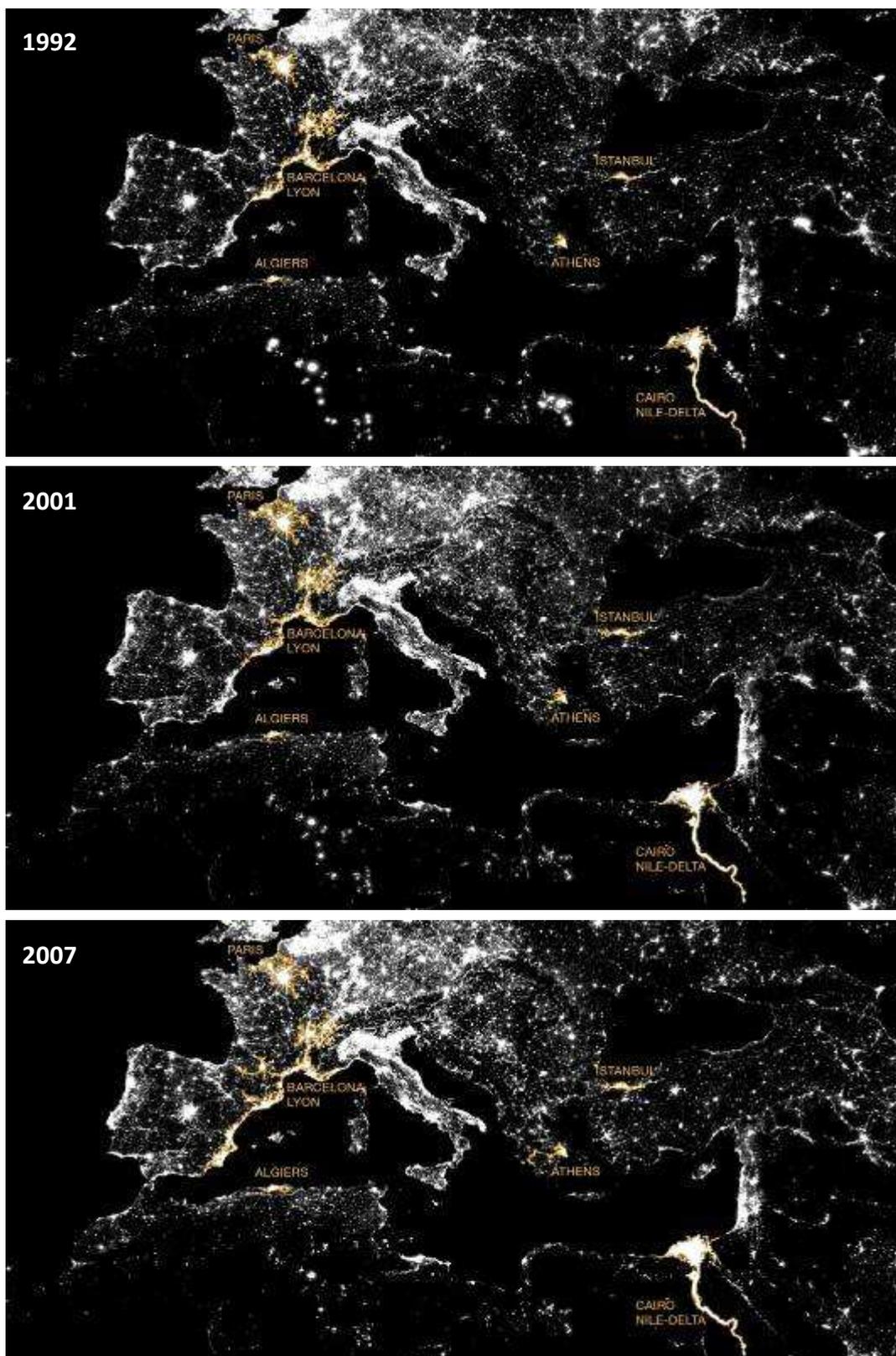


Figura 2. Delimitación de las mega-regiones a partir de las imágenes del DMSP-OLS. Evolución en el tiempo.

3.2. Redes de movilidad: nodos, conexiones y conectividad

En su concepción más sencilla, una red es un conjunto de nodos unidos mediante vínculos o conexiones. Si tomamos los nodos como ciudades y los conectamos mediante una red de infraestructuras, tendremos una red de ciudades.

El concepto **red de ciudades** que encontramos en la literatura no tiene una definición única. Se ha trabajado mucho en la imagen de red como metáfora para poder explicar el territorio a partir de las relaciones que se establecen entre núcleos urbanos. Los movimientos de población, la distribución de bienes y servicios, de recursos, de energía, todos estos flujos e intercambios se suceden dentro de un sistema de relaciones, que se puede asimilar a la geometría de la red de infraestructuras presente en el territorio, y según su tipología y arquitectura, ser explorada en términos de desarrollo e interacción.

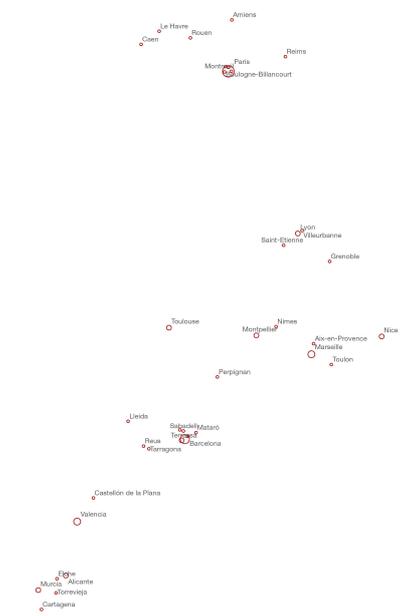
Por otra parte, en los últimos años ha habido un interés considerable desde el mundo científico, especialmente por parte de la comunidad de físicos, en el análisis y la modelización de redes, en ámbitos como la biología, internet, redes sociales y de infraestructuras. Algunas de estas redes ocupan espacios abstractos donde la posición de sus elementos no importa o no tiene un sentido particular. En otros casos, como en el ejemplo de internet, la posición física de sus elementos tiene importancia y está bien definida (Gastner 2006).

En el caso de mega-regiones, **la posición de sus nodos y la geografía del espacio** donde se emplazan importa y mucho, y es desde esta perspectiva que se ha intentado hacer su estudio. Se estudian las redes de Barcelona-Lyon y de París, considerando como nodos los núcleos urbanos de más de 100.000 habitantes (2008). En el caso de la red de Barcelona-Lyon existen 29 ciudades, en la red de París 10 ciudades o nodos. Los vínculos establecidos son, por una parte, la red de carreteras y autopistas, y por otra la red de ferrocarriles, obtenidas a partir del modelo europeo Trans-tools³ (2005). Se ha intentado hacer el análisis de ciertas características (impedancias, coeficiente de agrupamiento), para encontrar su topología y vislumbrar **patrones de relación y conectividad, estructura y geografía de red**.

Las redes de infraestructuras que articulan las mega-regiones nos muestran una representación de las relaciones entre sus nodos (ciudades) y una aproximación a las expectativas de evolución que tienen dada su posición y a la evolución de la mega-región por extensión.

Una vez formada la red a partir de la base de infraestructuras en un entorno GIS, se consideran las distancias más cortas entre sus nodos, todos los nodos conectados, representándolas en una matriz G de NxN nodos. A continuación se procede al cálculo del **coeficiente de agrupamiento** (clustering coefficient) para poder agrupar las ciudades conectadas a 60 minutos en un primer grupo, y las ciudades conectadas en el intervalo 60-120 minutos en un segundo grupo.

³ TRANS-TOOLS ("TOOLS for TRANsport Forecasting ANd Scenario testing") is a European transport network model that has been developed in collaborative projects funded by the European Commission Joint Research Centre's Institute for Prospective Technological Studies (IPTS) and DG TREN.



Nom	Població
Barcelona	1.615.908
Marseille	852.395
Valencia	807.200
Lyon	472.330
Toulouse	439.453
Murcia	430.571
Nice	348.721
Alicante	331.750
Hospitalet de Llobregat	253.782
Montpellier	253.712
Elche	228.348
Badalona	215.329
Cartagena	210.376
Terrassa	206.245
Sabadell	203.969
Castellón de la Plana	177.924
Saint-Etienne	175.318
Toulon	166.537
Grenoble	156.793
Nimes	143.468
Aix-en-Provence	143.404
Villeurbanne	138.151
Tarragona	137.536
Lleida	131.731
Mataró	119.780
Santa Coloma de Gramenat	117.336
Perpignan	116.041
Reus	107.770
Torre Vieja	101.381
Suma:	8.803.259
Suma pob. Mega-regió	24.394.848

Nom	Població
Paris	2.193.030
Boulogne-Billancourt	235.178
Lille	225.789
Reims	183.500
Le Havre	179.751
Amiens	134.737
Orléans	113.234
Caen	109.630
Rouen	108.569
Argenteuil	102.572
Montreuil	102.097
Saint-Denis	100.800
Suma:	3.788.887
Suma pob. Mega-regió:	15.378.779

Figura 3. Emplazamiento y población de los nodos red Barcelona-Lyon y Paris. Fuente: elaboración propia.

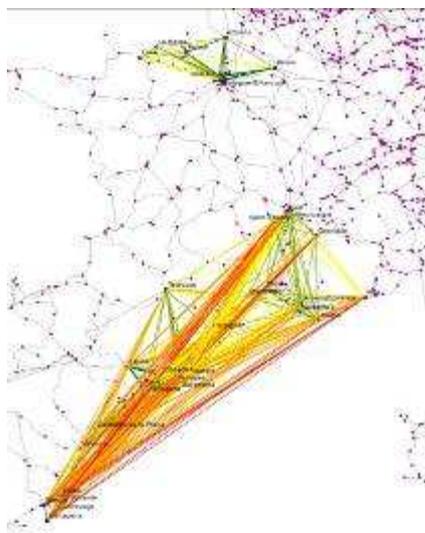
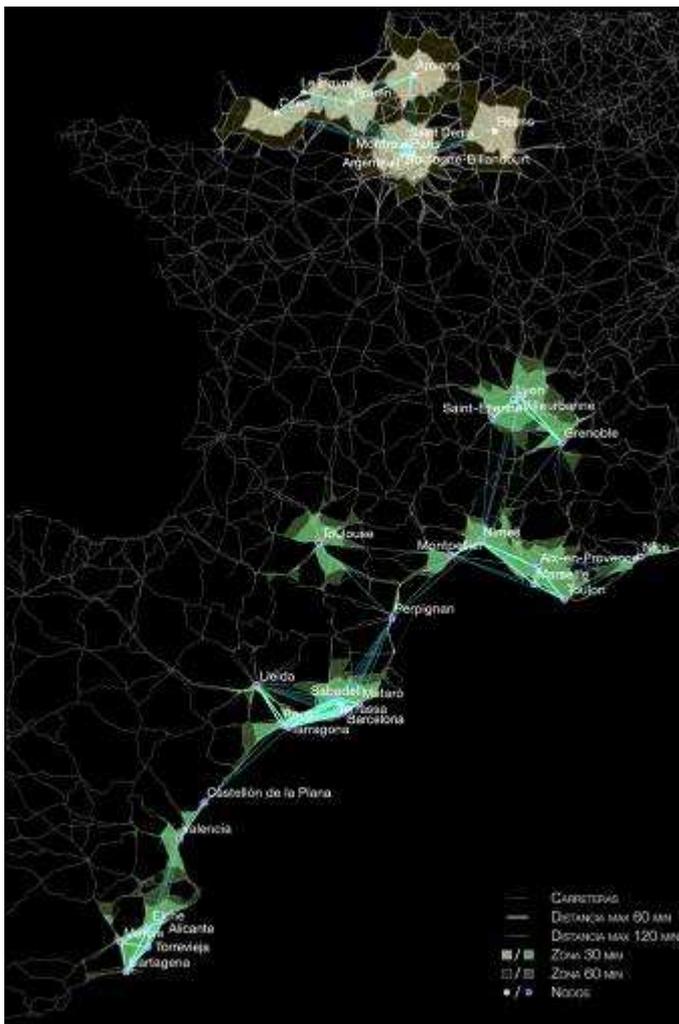


Figura 4. Representación esquemática de matrices OD de mínima impedancia (izquierda, red de carreteras y derecha, red de FFCC).

Se ha procedido a la caracterización de la red en función de tres características principales: longitud promedio de vínculos, diámetro de red y grado de los nodos (número de vínculos a los que están conectados) (Gastner 2006), para poder obtener una comparación de la dimensión de los dos casos de estudio.

	Longitud de tramos (km)					
	no.	Min	Max	Suma	Promedio	Std. Dev.
París autopistas	344	0,1	47,9	2.815	8,2	7,5
Bcn-Lyon	657	0,1	85,1	5.957	9,1	10,1
París carreteras	450	0,1	62,9	4.254	9,5	10,6
Bcn-Lyon	829	0,1	81,2	9.189	11,1	13,1
París ferrocarriles	105	1,0	166,8	2.778	26,5	30,3
Bcn-Lyon	202	0,1	121,7	6.278	31,1	25,6

Fuente: elaboración propia.



Como vemos el número de vínculos (tramos) de carreteras, autopistas y vías ferroviarias es del orden del doble en la mega-región mediterránea que en su vecina europea. El promedio de las longitudes de tramos también es ligeramente superior. Hemos procedido entonces al cálculo de la distancia promedio de los vínculos (L) y a su coeficiente de agrupamiento (C) para poder obtener más características de comparación entre las dos redes. Se han calculado los indicadores de eficiencia de red propuestos por la Latora y Marchiori (2001) y explicados en el anexo 2. L y C expresan la estructura de la red de ciudades y sus vínculos. C mide en qué grado están conectados los vecinos de cada nodo entre ellos (se ha considerado un umbral de 60 minutos). La eficiencia de la red E^g mide en qué grado se produce el intercambio de información dentro de los límites de la red,

Figura 5. Representación del coeficiente de agrupamiento de las redes de París y Bcn-Lyon. Fuente: elaboración propia.

mientras que la eficiencia local E^l representa la eficiencia del subespacio de los vecinos de cada nodo.

	Indicadores de red (autopistas y carreteras)				
	N	L	C	E^g	E^l
Paris	10	74,54	0,637	0,0315	0,026
Bcn-Lyon	29	253,72	0,695	0,0122	0,021

Fuente: elaboración propia.

Las dos redes consideradas tienen una geometría muy diferente; sin embargo, podemos observar cómo la de París tiene coeficientes de eficiencia, tanto a nivel global como a nivel local, substancialmente mayores. Si tenemos en cuenta que la inversa de la longitud promedio es un valor aproximado al de la eficiencia de la red, la eficiencia global siempre resultaría superior en la mega-región de París. Sin embargo, la eficiencia local, con un coeficiente de agrupamiento inferior, también resulta mayor, con lo que se puede concluir que el valor de conectividad/eficiencia es superior en París que en Barcelona-Lyon.

3.2. Energía y emisiones

Presentamos aquí la metodología utilizada para estimar la distribución espacial del consumo total de energía y la producción de emisiones de CO₂ para cada una de las mega-regiones, que utiliza como base principal las imágenes de luces nocturnas producidas por el satélite DMSP-OLS.

En los últimos años se han realizado muchos estudios que muestran una relación significativa entre las áreas luminosas de las imágenes del DMSP-OLS y series de datos como el producto interior bruto, la distribución de la población, el consumo de energía y las emisiones de CO₂, siempre y cuando se aplique una apropiada calibración a escala regional o nacional. Las imágenes de "night-time lights" pueden entonces constituir una base muy útil para hacer estimaciones sobre el consumo de energía de unidades territoriales que carecen de estadísticas oficiales como, en este caso, las mega-regiones. Con estas premisas, hemos creado un mapa de consumo global de energía de actividad antrópica, calibrado con los datos disponibles a nivel nacional⁴. La metodología de cálculo es análoga a la utilizada por Ghosh *et al.* (2010), autores que obtienen un mapa global de intensidades de actividad económica a partir de las imágenes DMSP-OLS.

El procedimiento que hemos seguido está detallado al anexo metodológico. Los mapas de consumo de energía que hemos creado tienen la misma resolución espacial que las bases DMSP-OLS, es decir, alrededor de un quilómetro por píxel. La estimación del consumo total de energía primaria, por cada una de las mega-regiones, se obtiene a partir del valor total de los píxeles que se encuentran dentro del límite de cada mega-región, límite que es diferente en cada uno de los tres escenarios (1992, 2001 y 2007) considerados.

Tabla 4. Consumo total de energía primaria de las mega-regiones de París y Barcelona-Lyon. Valores en GJ (=10⁹ J).

	1992	2001	2007
Total			
París	1.371.313.800	1.627.494.100	1.607.905.700
Barcelona-Lyon	2.571.829.000	2.731.082.000	4.260.740.400
per km²			
París	72.706	52.042	49.827
Barcelona-Lyon	57.107	48.490	52.188
per cápita			
París	105,07	108,25	104,55
Barcelona-Lyon	170,78	154,24	174,66

Fuente: elaboración propia a partir de datos DMSP-OLS y EIA.

⁴ En la web de la U.S. Energy Information Administration - <http://www.eia.doe.gov/> - se encuentra una base de datos de consumo total de energía primaria por país y por año. El consumo total de energía primaria (*Total Primary Energy Consumption - PEC*) "includes the consumption of petroleum, dry natural gas, coal, and net nuclear, hydroelectric, and non-hydroelectric renewable electricity; also includes net electricity imports". Los datos, disponibles a partir del 1980, están expresados en Cuadrillones de Btu; aquí se han convertido en GigaJoule (GJ).

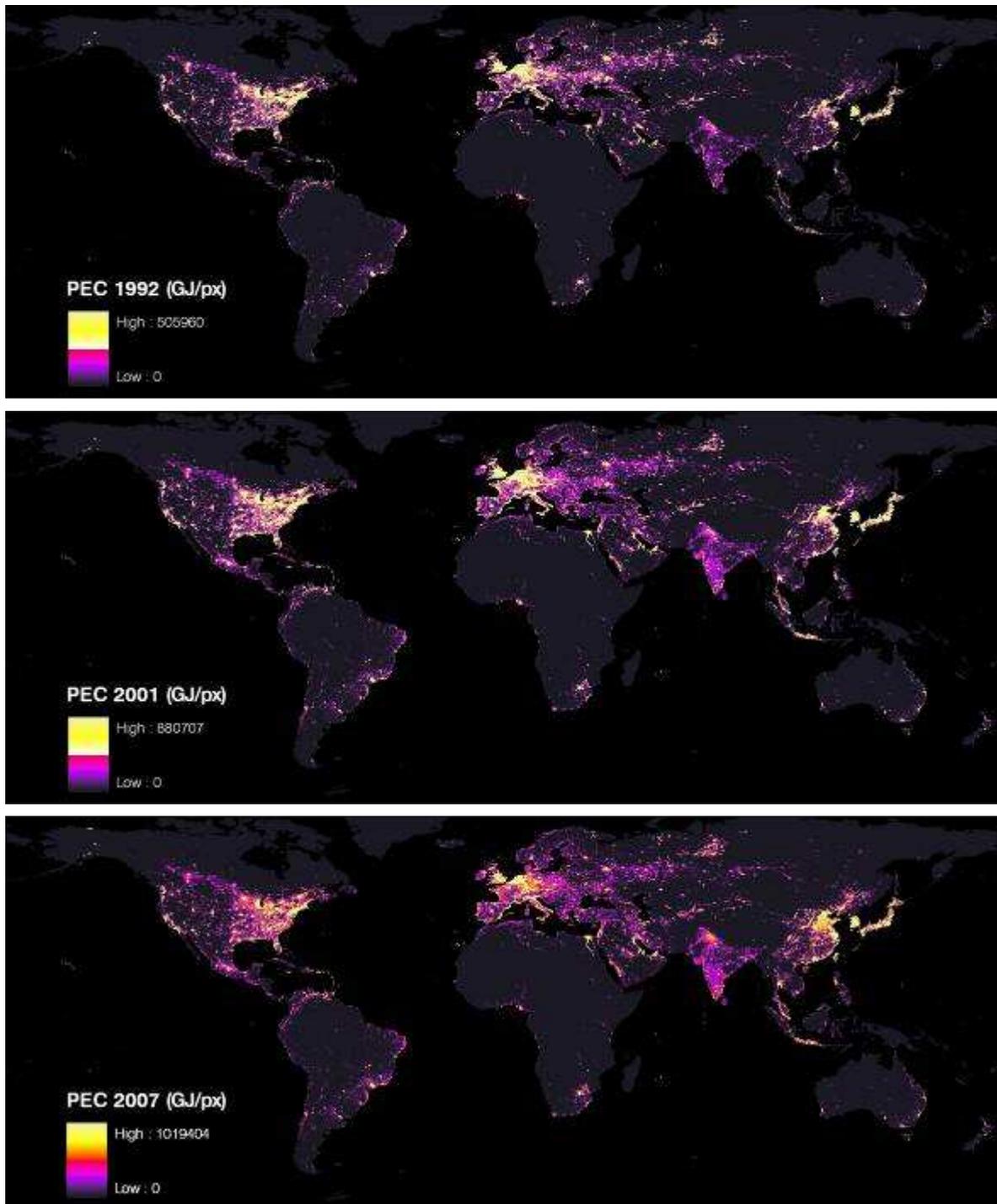


Figura 6. Distribución espacial mundial del consumo total de energía primaria. Evolución en el tiempo. Elaboración propia a partir de imágenes del DMSP-OLS y de datos del EIA.

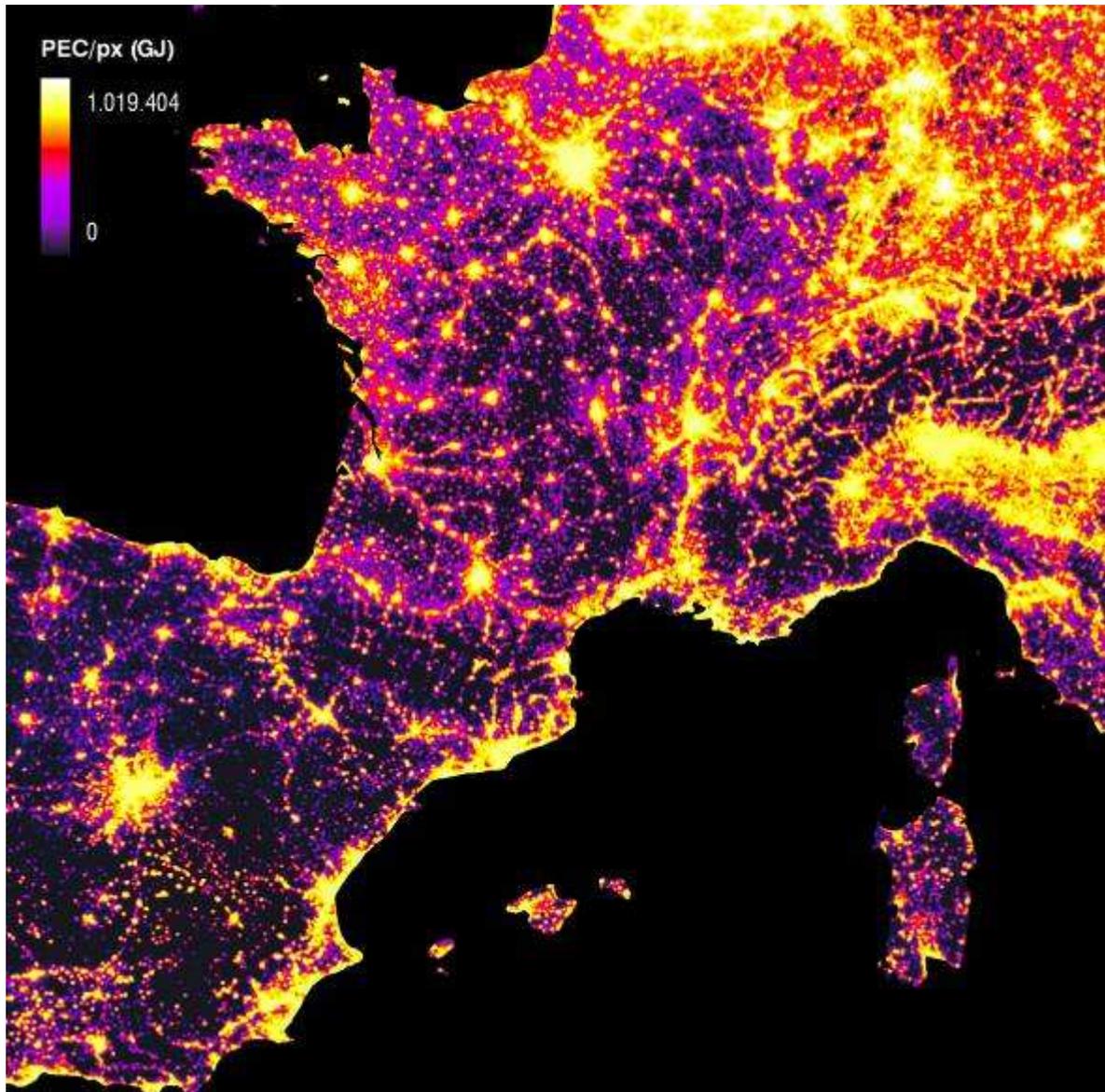


Figura 7. Distribución espacial del consumo total de energía primaria en el área de estudio y para el año 2007. Los valores están expresados en GJ / pixel, considerando los pixel de la resolución original (= 30 segundos de arco, aprox. 1 km) de las imágenes del DMSP-OLS. Elaboración propia a partir de imágenes del DMSP-OLS y de datos del EIA.

A partir de los valores de consumo energético calculados, podemos obtener una estimación de las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera que se derivan del consumo. Para hacerlo, a nivel nacional, se multiplica el consumo por un coeficiente que depende del mix energético propio del país en cuestión⁵. Para tener una aproximación de

⁵ Hemos obtenido el valor del coeficiente de emisiones de las tablas nacionales publicadas por la EIA (*Energy Information Administration, USA*). Para cada país, hemos dividido el valor *Total Carbon Dioxide Emissions from the Consumption of Energy* por el valor de *Total Primary Energy Consumption*. Las emisiones de CO₂ consideradas incluyen "emissions due to the consumption of petroleum, natural gas, and coal, and also from

las emisiones de las mega-regiones hemos multiplicado su valor de PEC por el coeficiente de emisiones del país a que pertenecen. Cuando la mega-región traspasa las fronteras nacionales, como en el caso de Barcelona-Lyon, el coeficiente aplicado ha sido ponderado sobre la parte proporcional de superficie de cada país.

Tabla 5. Emisiones de dióxido de carbono de las mega-regiones de París y Barcelona-Lyon. Valores en Toneladas de CO₂.

	1992	2001	2007
Total			
París	50.788.259	56.519.047	54.607.127
Barcelona-Lyon	103.111.962	103.389.756	174.014.861
per km²			
París	2.693	1.807	1.692
Barcelona-Lyon	2.290	1.836	2.131
per càpita			
París	3,89	3,76	3,55
Barcelona-Lyon	6,85	5,84	7,13

Fuente: elaboración propia a partir de datos DMSP-OLS y EIA.

3.3. Paisaje y funcionalidad ecológica

La evolución de las mega-regiones tiene hoy un papel determinante en la dinámica del paisaje. El proceso de urbanización genera profundas transformaciones en la fisonomía y en la funcionalidad ecológica del territorio. Un análisis comparativo de los cambios en los usos del suelo es útil para entender los diferentes impactos sobre la matriz territorial de diferentes modelos de crecimiento macro-regional.

Por un lado, hemos analizado la evolución de los diferentes tipos de cubierta del suelo, a nivel porcentual, en los tres escenarios temporales ya definidos⁶. Por el otro, hemos calculado la evolución de diferentes **indicadores** de ecología del paisaje, para evaluar cómo cambia la funcionalidad de la matriz territorial. Las métricas escogidas se pueden dividir en dos grandes categorías: **diversidad** y **fragmentación**. En el anexo metodológico se encuentran detalladas las fórmulas para calcularlos.

Hemos considerado la misma área de referencia para el estudio de usos del suelo en los tres escenarios temporales. Este límite se define aplicando un buffer de 5 km al límite

natural gas flaring". La metodología de cálculo utilizada por la EIA para obtener estos valores esta más detallada en la web: <http://www.eia.doe.gov/cfapps/ipdbproject/docs/IPMNotes.html> (consulta noviembre 2010).

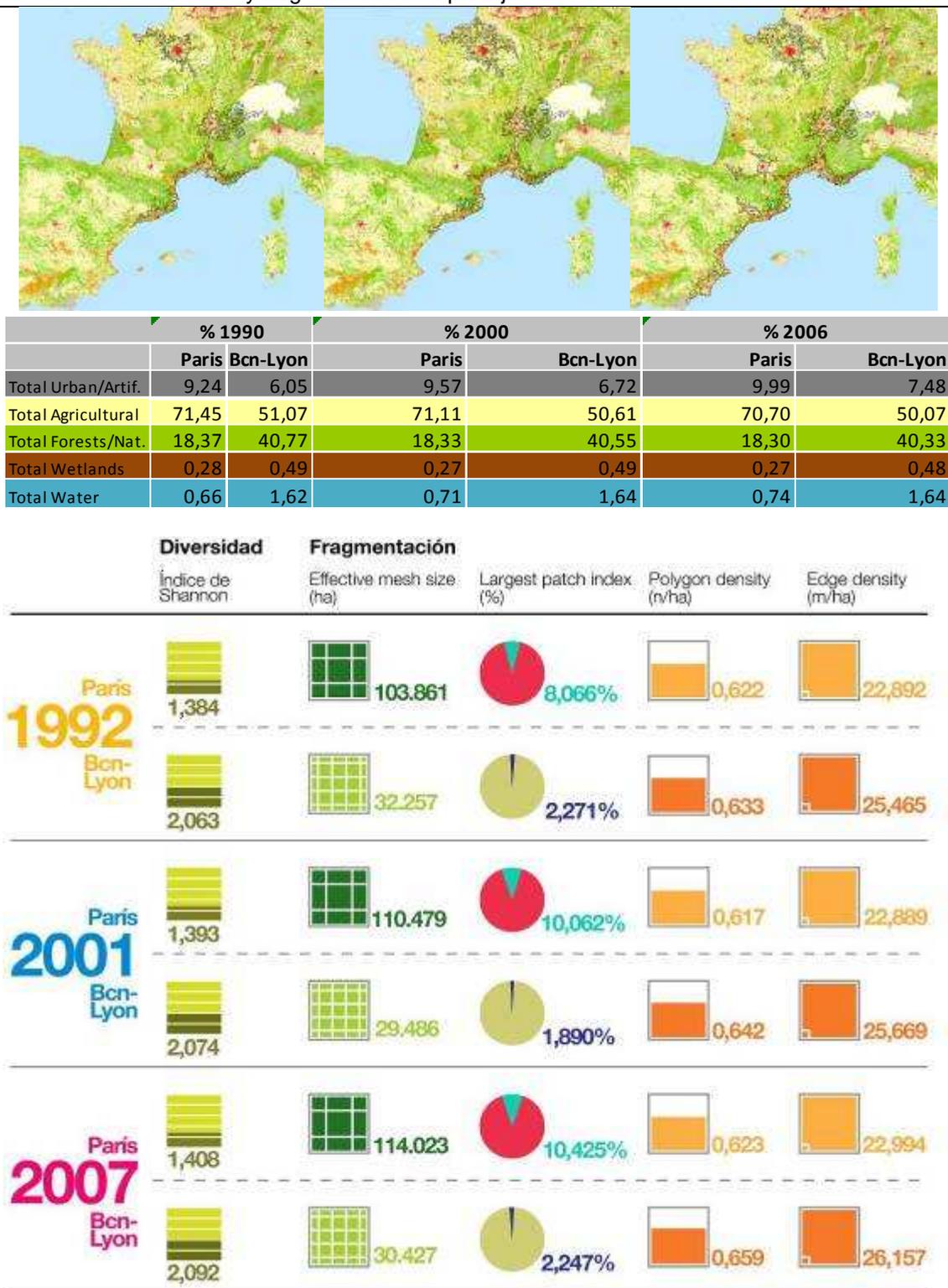
⁶ La base de usos del suelo utilizada es la Corine Land Cover, disponible a nivel europeo para los años 1990, 2000, 2006. Hemos asociado estas tres bases a los tres escenarios de evolución de las mega-regiones (1992, 2001, 2007).

exterior de la mega-región del 2007 (el más grande de los tres); se trata de una cantidad indicativa, pero que tiene en cuenta la progresiva expansión del fenómeno mega-regional sobre el territorio, y por tanto su influencia en la transformación del paisaje.



Figura 8. Usos del suelo 2006 (Corine Land Cover). En evidencia los límites del buffer de 5 km utilizado para definir el área de cálculo de indicadores.

Tabla 6. Evolución de los usos del suelo de las mega-regiones de París y Barcelona-Lyon; indicadores de diversidad y fragmentación del paisaje.



Fuente: elaboración propia a partir de bases Corine Land Cover 1990, 2000 y 2006.

4. Conclusiones

Este trabajo ha analizado desde la perspectiva ambiental una dimensión geográfica emergente: la de la mega-región. Hemos estudiado algunos aspectos hasta ahora poco considerados, al menos a esta escala espacial, de dos mega-regiones europeas, París y Barcelona-Lyon. Estas dos mega-regiones tienen rasgos geográficos y estructurales muy diferentes, que dificultan una comparación directa pero que pueden vislumbrar varias consideraciones sobre diversos modelos de crecimiento.

La red de ciudades de París, más compacta, resulta más eficiente de la de Barcelona-Lyon, a pesar de tener un coeficiente de agrupamiento inferior. Es interesante resaltar cómo esta eficiencia se revela también a nivel de consumo energético y de emisiones de CO₂, con valores más bajos en el caso de París.

Si nos fijamos en los escenarios temporales, observamos una dinámica más fuerte en el caso de Barcelona-Lyon, a nivel de tamaño, energía, emisiones y usos del suelo. A medida que se expande y se vuelve menos densa, Bcn-Lyon aumenta su consumo energético y sus emisiones per cápita, mientras que París, con una dinámica más estable, las rebaja en términos relativos.

A nivel de paisaje, observamos un crecimiento relativo de las áreas artificiales mucho más relevante en Bcn-Lyon que en París. Sin embargo, el valor porcentual absoluto de las áreas artificiales se mantiene más grande en París. Mirando a los indicadores de paisaje, se revela también un aumento más notable de la fragmentación en la mega-región de Bcn-Lyon. Los dos procesos (crecimiento/dispersión de áreas artificiales y aumento fragmentación) aparecen así claramente relacionados entre sí.

Los resultados muestran interesantes correlaciones entre factores y fenómenos de distinta naturaleza, e introducen un inédito campo de investigación, sobre todo en lo que se refiere a cuestiones de escala.

Hay preguntas que quedan pendientes de verificación, y están en la base de futuras aportaciones científicas: ¿Se pueden obtener indicadores que definan la relación entre eficiencia de la red de infraestructuras y aspectos como el consumo energético y la fragmentación del paisaje? ¿Cuál es el modelo de crecimiento que optimiza la repercusión ambiental? ¿Es posible dirigir las políticas territoriales y de paisaje hacia una mejora de estos aspectos ambientales a escala mega-regional?

El reto es llegar a una aproximación y una modelización más definida, a gran escala, de la relación compleja entre tendencias económicas y dinámicas medio-ambientales, necesaria para enfocar mejor y más eficazmente el tema de la sostenibilidad en las políticas territoriales.

Anexo metodológico

Anexo 1 - Delimitación de las mega-regiones

La base de datos principales para la delimitación de las mega-regiones es la serie de imágenes producida por los sensores del satélite DMSP-OLS (Defense Meteorological Satellite Program – Optical Line Scanner), distribuidas públicamente por el National Geophysical Data Center del NOAA norteamericano. Este satélite se puso en órbita por primera vez en los años 70, con el objetivo de construir una base de datos diaria sobre la cobertura de nubes de la Tierra. Sus sensores permiten también la detección, en ausencia de nubes, de las luces emitidas por los centros urbanos, por las flotas marítimas y por los incendios forestales. Se trata, por tanto, de una herramienta con grandes potencialidades para el análisis de la localización y de la intensidad de diferentes actividades humanas sobre la superficie terrestre.

Para la delimitación de las mega-regiones se ha utilizado, de los productos disponibles públicamente (una descripción de las diferentes características de los productos del DMSP-OLS se encuentra en Doll 2008), el “DMSP-OLS Nighttime Lights Time Series”, colección de imágenes nocturnas que nos permite analizar la evolución en el tiempo de las imágenes a partir del 1992.

Las imágenes utilizadas son ráster en formato Geotiff, con una resolución espacial de aproximadamente 1 km por pixel (30 segundos de arco). A cada pixel el sensor del satélite asigna un determinado valor de intensidad. Éste está explicitado como DN (Digital Number) que, con la resolución radiométrica de 6 bits, puede variar entre 0 i 63 ($2^6 = 64$).

Considerando la definición de mega-región como área caracterizada por una substancial contigüidad física de los asentamientos, los límites de la mega-región se pueden definir a partir de la agrupación de píxeles luminosos (es decir que delatan presencia humana) del “mapa” satelital. En ausencia de una base cartográfica ya disponible, se ha reproducido en un entorno GIS el proceso de definición de mega-regiones propuesto por Florida *et al.* (2007). Se ha introducido así un umbral mínimo de intensidad (DN = 9), de manera que se pueda llegar a una delimitación análoga a la ya existente, agrupando las partes contiguas o distantes menores de 2 km.

Es importante subrayar que la delimitación considerada constituye una aproximación, porque no es posible definir una relación exacta entre áreas luminosas detectadas por el satélite y áreas urbanizadas, a causa de diversos problemas técnicos (una descripción y un análisis de los cuales se encuentra en Small *et al.* 2005). Sin embargo, el uso de un único criterio y de una base de datos común para delimitar diferentes mega-regiones es una garantía de que las entidades delimitadas son efectivamente comparables.

Anexo 2 - Cálculo de indicadores de red

La base de datos principales para la formación de la red de carreteras y ferroviaria es la producida por el IPTS (Institute for Prospective Technological Studies) en un proyecto de investigación y creación de escenarios de transporte en colaboración con la UE. Esta base de datos contiene todos los tramos de carreteras para el año 2005, con atributos de jerarquía (autopistas, carreteras urbanas, rurales) número de carriles, nombre, velocidad tipo, distancia, coste de combustible) y los tramos ferroviarios con atributos de nombre, tipología, velocidad y frecuencia.

En un entorno GIS se construyen las redes de carreteras y ferroviaria, para poder obtener la matriz OD de mínimas impedancias (min, coste fuel, distancia) para la red de carreteras, min y distancias para la red ferroviaria.

Para el cálculo de indicadores de tipología de red se han utilizado los siguientes:

N, número de nodos. Núcleos urbanos de más de 100.00 habitantes dentro de los límites de la mega-región.

L, promedio de la longitud de recorrido entre dos nodos. Este indicador nos da una idea aproximada de la topología de red.

$$L = \frac{1}{N(N-1)} \sum_{i \neq j} d_{ij}$$

C, coeficiente de agrupamiento. Número de nodos que existen en un subespacio de la red, más conectados entre ellos. C_i es el número de vínculos existentes en G_i , en el subespacio de los vecinos de i , dividido por el número máximo posible.

$$C = \frac{1}{N} \sum_i C_i$$

$$C_i = \frac{2 \{e_{ijk}\}}{k_i(k_i - 1)}$$

E^g , eficiencia global de la red. Suponemos que la red es un sistema en paralelo donde cada nodo envía información a través de sus vínculos. La eficiencia en la comunicación de los nodos puede ser definida como inversamente proporcional al camino más corto y se define:

$$E(G) = \frac{1}{N(N-1)} \sum_{i \neq j} \frac{1}{d_{ij}}$$

La eficiencia se divide siempre entre $E(G_i)$ por tanto puede asumir valores entre 0 y 1.

E^l , eficiencia local de la red. Es la eficiencia media calculada por cada uno de los subgrafos o los subespacios para los grupos antes definidos. Expresa la tolerancia que tiene el subespacio de i , cuando i desaparece. Las redes de mundo pequeño se definen con coeficientes de eficiencia E^g y E^l altos.

$$E^l = \frac{1}{N} \sum_i \frac{1}{k_i(k_i - 1)} \sum_{i \neq j} \frac{1}{d_{k_j/i}}$$

A modo de ejemplo, y tal como se ilustra en el artículo de Latora y Marchiori (2001), se recogen los valores de la red de metro de la ciudad de Boston que consiste en $N=124$ estaciones y $K=124$ túneles.

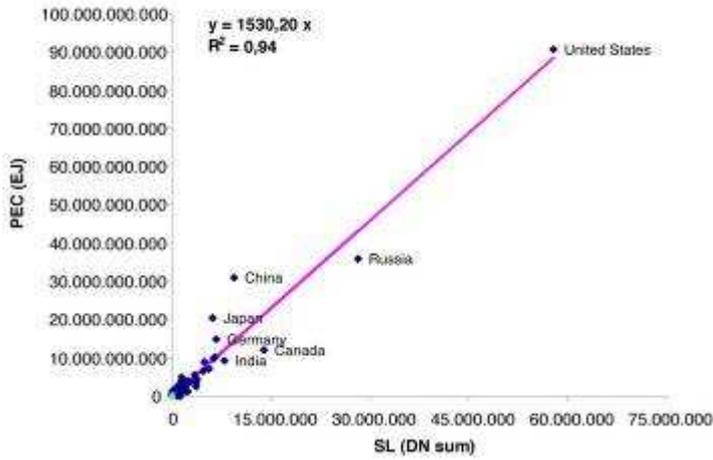
	Eglob	Eloc
MBTA	0,63	0,03

Anexo 3 - Consumo total de energía primaria

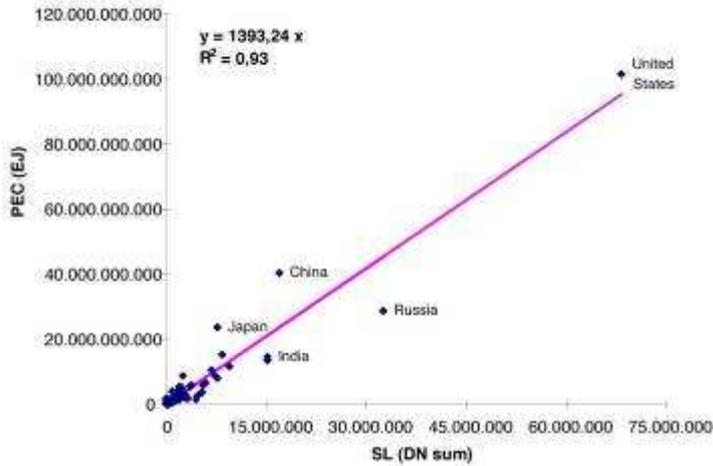
En la primera fase del análisis se ha calculado la suma total de los valores de intensidad lumínica (DN) dentro de cada país en los años 1992, 2001 y 2007. Realizando un análisis de regresión lineal entre la suma de las luces (SL) y los datos de consumo total de energía primaria (PEC), se ha encontrado una relación muy clara entre las dos variables, como se puede apreciar en los siguientes gráficos. El coeficiente de determinación R^2 tiene valores de 0,94 (1992), 0,93 (2001) y 0,88 (2007).



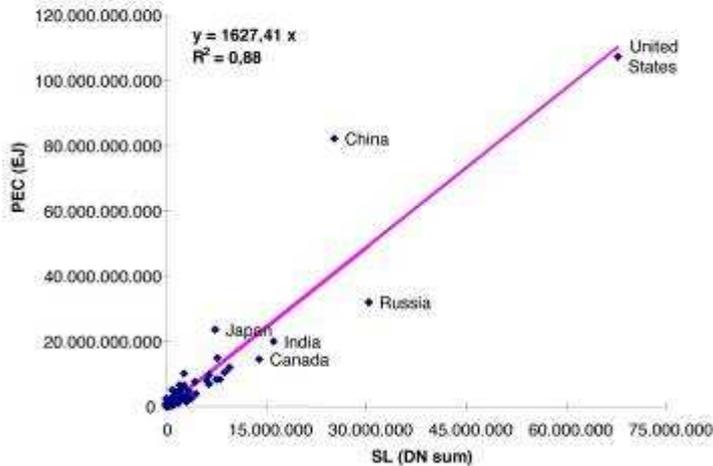
Linear regression between SL and PEC by country (1992)



Linear regression between SL and PEC by country (2001)



Linear regression between SL and PEC by country (2007)



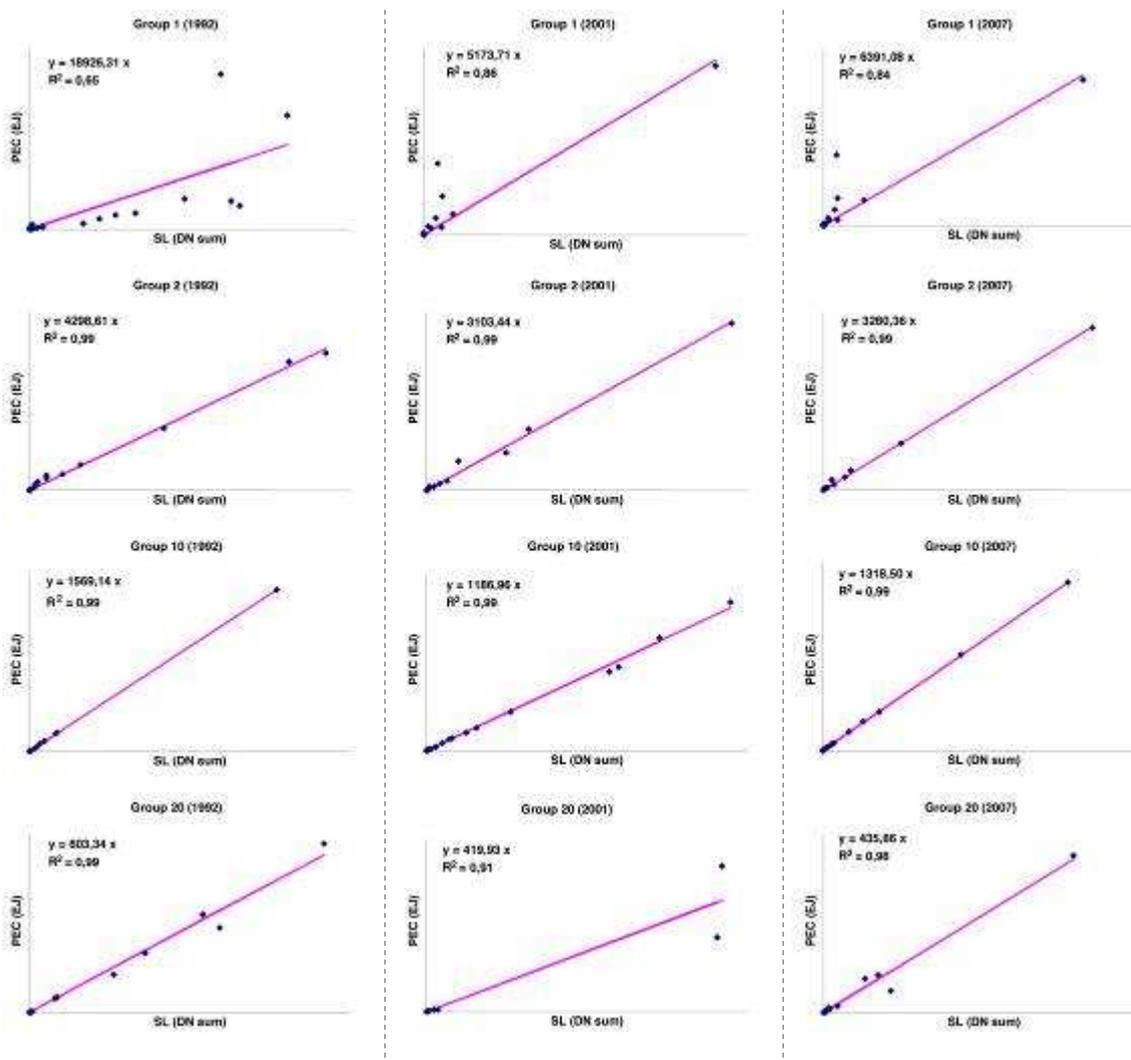
Pese a esta fuerte correlación, hay países que se alejan bastante de la línea de tendencia, es decir que aparecen más o menos iluminados de lo que se esperaría de su consumo de energía total (al menos según este primer modelo de regresión). Esto sugiere que se puede encontrar una correlación más ajustada agrupando países según su coeficiente de relación (r_i) entre SL_i y PEC_i :

$$r_i = SL_i / PEC_i$$

Así pues, se ha calculado el valor de r_i por cada país, y se han reordenado en orden creciente de r_i .

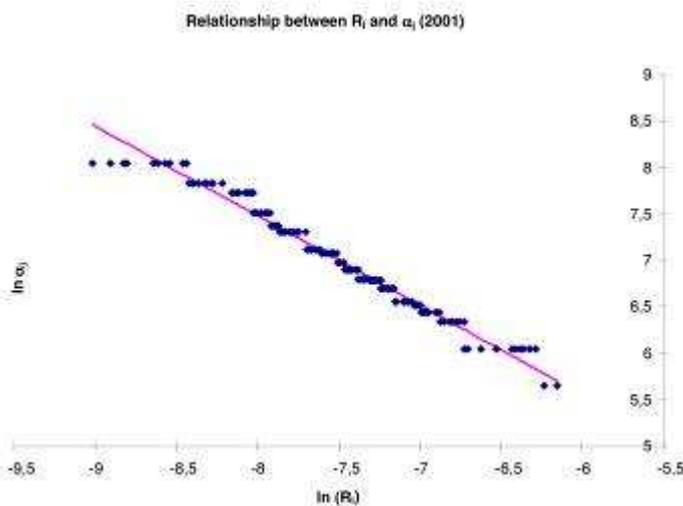
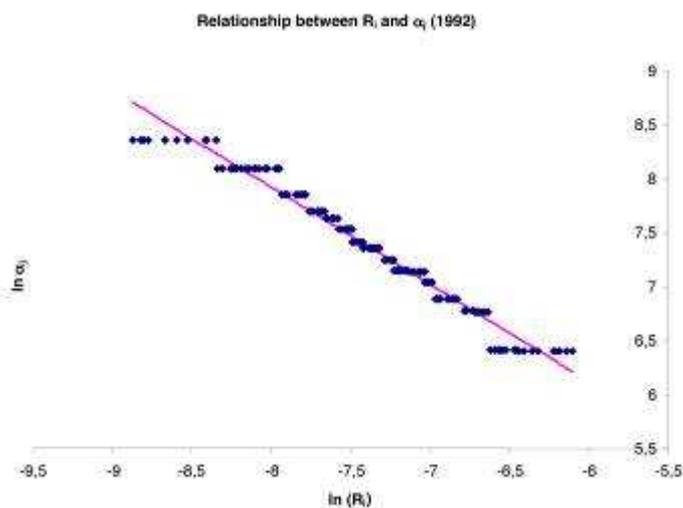
Se han creado grupos de 20 países, superponiendo 10 en cada grupo consecutivo. En todos los grupos, excepto en el primero, se obtienen valores muy altos de R^2 . Sin embargo, en el primer grupo se concentran países muy pequeños (sobre todo islas) o muy pobres que aumentan de forma significativa el error en la correlación lineal.

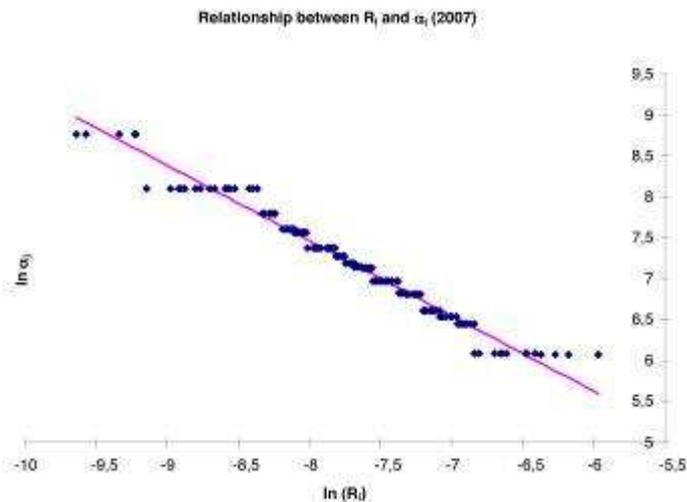
De cada grupo j se ha sacado un coeficiente de correlación α_j , es decir, la pendiente de la línea de tendencia. La correlación se ha hecho de manera que la ordenada al origen fuera igual a cero, según la hipótesis de que a una suma de luces nula tendría que corresponder un consumo nulo de energía.



El siguiente paso ha sido la búsqueda de una relación entre los coeficientes α_j y los valores de r_i , para llegar a la definición del coeficiente α_i de cada país. Se han relacionado así los valores de r_i i los de α_j (puesto que en cada grupo consecutivo de 20 países hay 10 valores que se superponen, se han considerado, por cada grupo, los 10 países centrales, de manera que todos los países fueran representados una sola vez en el gráfico). Así, se ha encontrado una relación muy fuerte ($R^2 = 0,97$ por los tres años) entre los logaritmos de r_i y de α_j :

$$\begin{aligned} \ln(\alpha_j) &= 0,70 - 0,90 \ln(r_i) && (1992) \\ \ln(\alpha_j) &= 0,25 - 0,96 \ln(r_i) && (2001) \\ \ln(\alpha_j) &= 0,58 - 0,92 \ln(r_i) && (2007) \end{aligned}$$





Haciendo una relación exponencial, se consigue finalmente el valor de α_i para cada país.

$$\alpha_i (1992) = \exp [0,70 - 0,90 \ln (r_i)]$$

$$\alpha_i (2001) = \exp [0,25 - 0,96 \ln (r_i)]$$

$$\alpha_i (2007) = \exp [0,58 - 0,92 \ln (r_i)]$$

Conviene señalar que en la correlación logarítmica se han excluido los primeros países de la lista (pertenecientes al primer grupo) por tener un valor muy alto de α_i que resultaría en una influencia demasiado fuerte en el modelo. Se trata de países muy pequeños (Wake Island, Gibraltar, Macau, Singapore, Maldives, Virgin Islands, Bahrain, Djibouti, Nauru, Netherlands Antilles, Trinidad and Tobago) o muy pobres (Guinea-Bissau, Sierra Leone, North Korea, Albania). De todas formas, la estimación de los coeficientes α_i de estos países se ha hecho utilizando el mismo modelo de regresión logarítmica descrito antes.

El último paso ha sido la creación, en un entorno GIS, del mapa global de consumo de energía para cada año considerado. El valor de cada n píxel de estos mapas es el producto de la intensidad lumínica (DN) y el coeficiente α_i de cada país:

$$PEC_{ni} = DN * \alpha_i$$

A modo de verificación, presentamos a continuación una tabla con los valores de consumo oficiales de algunos países (datos de la EIA por el año 1992, convertidos en GJ) comparados con los valores estimados a través del mapa creado con el modelo de cálculo. El margen de error para la mayoría de países es muy limitado (< 5%). Considerando que una mega-región tiene un tamaño comparable al de un país, asumimos que los mapas creados son razonablemente válidos para hacer una estimación de su consumo energético.

Tabla I. Comparación de valores de consumo energético oficiales y estimados en diferentes países del mundo.

País	PEC 1992 - datos EIA (GJ)	PEC 1992 - estimación (GJ)	Variación (%)
Afghanistan	34,109,956	34,179,901	0.21
Algeria	1,371,140,032	1,434,169,645	4.60
Angola	90,238,927	88,635,253	-1.78
Argentina	2,159,889,235	2,145,125,282	-0.68
Austria	1,265,644,998	1,231,888,032	-2.67
Bangladesh	302,252,400	310,023,854	2.57
Belgium	2,362,217,295	2,331,117,371	-1.32

Brazil	6,416,670,320	6,426,655,764	0.16
Bulgaria	951,312,208	912,847,389	-4.04
Chile	638,361,542	614,081,753	-3.80
Colombia	1,029,249,184	1,032,098,264	0.28
Costa Rica	93,013,724	96,295,246	3.53
Croatia	329,504,493	319,955,073	-2.90
Denmark	837,587,738	855,462,764	2.13
Dominican Republic	154,597,334	153,307,448	-0.83
Egypt	1,505,638,552	1,548,843,627	2.87
Estonia	307,707,039	297,373,384	-3.36
France	10,333,016,534	10,198,637,494	-1.30
Germany	14,812,129,539	14,190,469,901	-4.20
Ghana	119,569,479	119,688,339	0.10
Greece	1,076,346,877	1,056,302,088	-1.86
Guatemala	90,439,387	93,088,032	2.93
Honduras	63,841,429	64,772,115	1.46
Hungary	1,113,105,023	1,074,782,095	-3.44
India	9,337,581,890	9,504,165,712	1.78
Iran	3,540,767,433	3,668,529,251	3.61
Israel	570,025,575	582,013,764	2.10
Italy	7,251,472,711	7,308,029,926	0.78
Ivory Coast	67,280,912	67,606,958	0.48
Jamaica	121,996,108	122,491,111	0.41
Jordan	169,410,318	176,477,822	4.17
Kazakhstan	3,637,684,863	3,523,160,343	-3.15
Kenya	133,031,992	127,490,821	-4.17
Kuwait	368,003,480	361,805,160	-1.68
Laos	11,468,457	11,479,936	0.10
Latvia	235,425,162	233,515,915	-0.81
Lebanon	125,509,444	127,846,229	1.86
Luxembourg	164,208,892	158,447,673	-3.51
Malta	32,685,630	32,558,178	-0.39
Mexico	5,604,857,596	5,536,254,250	-1.22
Morocco	344,612,892	354,372,200	2.83
Norway	1,806,698,739	1,852,671,580	2.54
Peru	396,669,348	390,305,079	-1.60
Poland	4,045,632,758	3,979,923,647	-1.62
Portugal	798,086,447	815,822,563	2.22
Russia	35,993,947,761	36,336,745,285	0.95
Saudi Arabia	3,865,302,612	3,862,061,282	-0.08
Senegal	43,014,627	41,787,171	-2.85
Slovenia	244,878,463	239,006,337	-2.40
Spain	4,476,169,399	4,557,546,116	1.82
Switzerland	1,299,237,976	1,249,964,790	-3.79
Tanzania	54,799,601	54,753,285	-0.08
Thailand	1,547,872,438	1,486,983,180	-3.93
Turkey	2,245,148,298	2,226,807,421	-0.82
Turkmenistan	328,396,684	335,316,922	2.11
Uganda	24,519,498	23,972,321	-2.23
Ukraine	9,048,253,925	8,807,688,932	-2.66
United Kingdom	9,782,520,043	9,687,022,597	-0.98
United States	90,690,891,676	89,732,009,685	-1.06
Uruguay	144,310,539	144,434,460	0.09
Uzbekistan	1,753,365,665	1,747,795,701	-0.32
Venezuela	2,339,902,864	2,268,405,417	-3.06
Vietnam	307,812,544	300,720,146	-2.30
Zaire	121,552,984	116,933,755	-3.80
Zambia	118,567,176	117,704,381	-0.73
Zimbabwe	240,035,756	230,848,548	-3.83

Fuente: elaboración propia a partir de datos EIA.

Anexo 4 - Indicadores de ecología del paisaje

Índice de diversidad (Shannon)

El índice de Shannon se utiliza para evaluar el grado de diversidad de un sistema. Su valor varía de 1 a 5, y se calcula con la siguiente expresión:

$$S = \sum_{i=1}^m -p_i \log_2(p_i)$$

donde m es el número de tipos de cubierta y p_i es la proporción de área por tipo de cubierta.

Effective mesh size (ha)

La effective mesh size m_{eff} es la superficie de las mallas de una red regular con el mismo grado de fragmentación del área estudiada. Es también proporcional a la probabilidad de que dos puntos escogidos casualmente en una región estén conectados. La fórmula para calcularla es la siguiente:

$$m_{eff} = \frac{1}{A_t} \sum_{i=1}^n A_i^2$$

donde A_t es la superficie total de la región estudiada y A_i es la superficie del i -ésimo polígono.

Largest patch index (%)

El Largest patch index es el porcentaje del área total de la región ocupado por el polígono más grande:

$$LPI = \frac{\max_{i=1}^n A_i}{A_t} \cdot 100$$

Polygon density (n/ha)

La Polygon density corresponde al número de polígonos presente en la región estudiada por unidad de superficie:

$$PD = \frac{n}{A_t}$$

donde n es el número total de polígonos y A_t es la superficie total de la región estudiada (en ha).

Edge density (m/ha)

La Edge density indica la longitud de los márgenes entre los polígonos por unidad de superficie:

$$ED = \frac{l}{A_t}$$

donde l es la longitud total de los márgenes entre los polígonos de la región estudiada.

Análogamente a la Polygon density, la Edge density es una medida de la heterogeneidad espacial del mosaico paisajístico, pero, a diferencia de la primera, también tiene en cuenta la complejidad de la forma de los polígonos.

Bibliografía y referencias

Allen J. Scott, John Agnew, Edward W. Soja, and Michael Storper (2001). "Global City-Regions", in Scott, J.A. (ed.), *Global City-Regions: Trends, Theory, Policy*. Oxford : Oxford University Press. pp. 11-32

Amaral, Silvana; Câmara, Gilberto; Viera Monteiro, Antônio Miguel; Quintanilha, José Alberto; Elvidge, Christopher D. (2005). "Estimating population and energy consumption in Brazilian Amazonia using DMSF night-time satellite data". *Computers, Environment and Urban Systems*, 29 (2005) 179-195.

Bovensmann, H.; Burrows, J. P.; Buchwitz, M.; Frerick, J.; Noël, S.; Rozanov, V. V. (1999). "SCIAMACHY: Mission Objectives and Measurement Modes". *Journal of the Atmospheric Sciences*, vol. 56, No. 2, January 1999

Boix Domènech, Rafael (2003). *Redes de ciudades i externalidades*. Ph.D. Thesis. Applied Economy Department, Autonomous University of Barcelona.

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

Camagni, Roberto; Diappi, Lidia; Stabilini, Stefano (1994). "City networks in the Lombardy region: an analysis in terms of communication flows". *Flux*, No. 15, p. 37-50.

Castells, Manuel (1996). *The Rise of the Network Society*. Blackwell publishing.

Dramstad, E., Olson, J., Forman, R (1996). *Landscape ecology principles in landscape architecture and land-use planning*. Harvard University. Graduate School of Design

Doll, Christopher N.H. (2008). *CIESIN Thematic Guide to Night-time Light Remote Sensing and its Applications*. New York : Center for International Earth Science Information Network (CIESIN) - Columbia University

Emanuel, Cesare (1989). "Oltre la crisi: centralizzazione e decentramento, polarità e reticoli nel Piemonte degli anni 80", in Petros Petsimeris (ed.). *Le reti urbane tra decentramento e centralità*. Milano : Franco Angeli.

Florida, Richard; Gulden, Tim; Mellander, Charlotta (2007). *The Rise of the Mega Region*. Toronto : The Martin Prosperity Institute.

Florida, Richard (2008), *Who's your city*, trad. al castellano: *Las ciudades Creativas*, Barcelona : Paidós

Gastner, M.T.; Newman, M.E.J (2006) "The spatial structure of networks", *Les Ullis Cedex: The European Physical Journal B*, No 49, p. 247-252

Ghosh, Tilottama; Powell, Rebecca L.; Elvidge, Christopher D.; Baugh, Kimberly E.; Sutton, Paul C.; Anderson, Sharolyn (2010). "Shedding Light on the Global Distribution of Economic Activity". *The Open Geography Journal*, 2010, 3, 148-161

Gottman, Jean (1961). *Megalopolis, The Urbanized Northeastern Seaboard of the United States*. Cambridge MA : The MIT Press

Latora, V; Marchiori (2001) "Efficient Behaviour of Small-World Networks", Paris: Physical Review Letters, volume 87, No 19

Nel-lo, Oriol; López, Joan; Piqué, Josep Maria (2000). *Les xarxes emergents de mobilitat al nostre territori*. Institut d'Estudis Metropolitans de Barcelona.

Pulselli, Riccardo Maria; Ciampalini, Francesca; Galli, Alessandro; Pulselli, Federico Maria (2006). "Non equilibrium thermodynamics and the city: a new approach to urban studies". *Annali di Chimica*, No. 96, by Società Chimica Italiana.

RPA - diversos autores (2007). *Northeast Megaregion: 2050. A Common Future*. Regional Plan Association

Samaniego, Horacio; Moses, Melanie E. (2008) "Cities as organisms: Allometric scaling of urban road networks". *Journal of Transport and Land Use*, (Summer 2008) pp. 21–39

Sassen, Saskia (1991). *The global city: New York, London, Tokyo*. Princeton : Princeton University Press

Sassen, Saskia (2010). "Megaregions: Benefits beyond Sharing Trains and Parking Lots?". Policy Research Institute for the Region at the Woodrow Wilson School of Public and International Affairs, Princeton University

Small, Christopher; Pozzi, Francesca; Elvidge, Christopher D. (2005). "Spatial analysis of global urban extent from DMSP-OLS night lights". *Remote Sensing of Environment* (96) 277-291.

SPUR - diversos autores (2007). "Northern California Megaregion". *The Urbanist* . Issue 466, November/December 2007. San Francisco Planning + Urban Research Association

Wall, Ronald (2009). *Netscape. Cities and Global Corporate Networks*. Ph.D. Thesis. Erasmus Research Institute of Management, Erasmus University of Rotterdam.