

APLICACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA AL ESTUDIO RETROSPECTIVO DE LA ACCESIBILIDAD. CATALUNYA, 1986-2001

JOAN ALBERICH GONZÁLEZ* Y MARC AJENJO I COSP**

Recibido: 15-2-05. Aceptado: 14-5-05. BIBLID [0210-5462 (2005-1); 36: 465-477].

PALABRAS CLAVE: Accesibilidad, Sistema de Información Geográfica, red viaria, Catalunya.

KEY WORDS: Accessibility, Geographical Information System, road network, Catalonia.
MOTS-CLEFS: Accessibilitat, Système d'Information Géographique, réseau de routes, Catalogne.

RESUMEN

La proliferación de las utilidades informáticas aplicadas a la planificación y la gestión territorial y a la cartografía digital, y especialmente las conocidas con el nombre de «sistemas de información geográfica» (SIG), ha significado una revolución en el tratamiento y el análisis de variables espaciales, entre las que se encuentra, evidentemente, la población.

La presente comunicación pretende dar a conocer los primeros resultados de una investigación realizada en el Centre d'Estudis Demogràfics sobre la evolución durante los últimos quince años de la accesibilidad de los municipios catalanes mediante la reconstrucción de la red viaria mediante técnicas SIG.

Así, el objetivo de la presente propuesta no es sólo mostrar cual ha sido dicha evolución y sus implicaciones territoriales; sino, sobre todo, mostrar la metodología usada para alcanzar dichos resultados, haciendo especial hincapié en el proceso de modelización del territorio catalán y de la distribución territorial de su población y sus infraestructuras de transporte durante el periodo analizado.

ABSTRACT

The proliferation of computer applications relevant to planning, territorial management and digital cartography, and especially those known as «Geographical Information Systems» (GIS), has meant a revolution in the treatment and the analysis of spatial variables, including population.

The present paper discusses the first results of research undertaken at the Centre d'Estudis Demogràfics using GIS techniques on the evolution of the accessibility of Catalan municipalities over the last fifteen years through the reconstruction of the road network.

* Departamento de Geografía / Centre d'Estudis Demogràfics. Universitat Autònoma de Barcelona. jalberich@ced.uab.es

** Centre d'Estudis Demogràfics / Departamento de Sociología. Universitat Autònoma de Barcelona. majenjo@ced.uab.es

Thus, the aim of the present proposal is not only to show what the nature of this evolution and its territorial implications have been; but, above all, to show the methodology used to achieve these results, putting particular emphasis on the process of modeling Catalan territory, territorial population distribution and transport infrastructure during the period analyzed.

RÉSUMÉ

La prolifération des programmes informatiques appliqués à la planification et la gestion territoriale ainsi que à la cartographie digitale et, tout particulièrement, à ceux connus comme «systèmes d'information géographique» (SIG), a comporté une révolution dans le traitement et l'analyse de variables spatiales, particulièrement celle de la population.

La communication essaye de donner à connaître les premiers résultats d'une recherche menée au Centre d'Estudis Demogràfics, sur l'évolution des dernières quinze années par rapport à l'accessibilité de la population des municipalités catalanes à partir de la reconstruction du réseau routier moyennant l'application des SIG.

L'objectif, donc, de cet article est, d'un côté, celui de montrer l'évolution de l'accessibilité, et d'un autre côté, la méthodologie élaborée à ce sujet. Celle-ci a pour but, la modélisation du territoire de la Catalogne, et de la distribution territoriale de sa population et leurs infrastructures de transport pendant la période analysée.

1. PRESENTACIÓN Y OBJETIVOS

El presente trabajo se inscribe en un proyecto de investigación más amplio desarrollado en el Centre d'Estudis Demogràfics (Ajenjo y Alberich, 2004), cuyo objetivo es evaluar el papel de la red viaria —medida en términos de accesibilidad— sobre las características demográficas, económicas y sociales de la población catalana durante el periodo 1986-2001. Así, para la realización de la parte referente a la red viaria, ha sido necesaria su reconstrucción en cuatro momentos —1986, 1991, 1996 y 2001—, mediante el uso de un Sistema de Información Geográfico (SIG). El objetivo de este texto no es otro que presentar la metodología de reconstrucción y los principales resultados a partir del análisis de la evolución de un indicador muy simple de accesibilidad: el tiempo medio que separa cada municipio catalán de los 945 restantes.

2. LA ACCESIBILIDAD. DEFINICIONES Y CONCEPTOS

Desde el punto de vista geográfico, la definición más simple, pero no por este motivo menos cierta, de la accesibilidad es considerarla como la posibilidad y la calidad de comunicación entre puntos del territorio, es decir, la facilidad de conexión entre dos o más localizaciones. Hay, sin embargo, tres factores básicos en cualquier definición de accesibilidad y, por consiguiente, en su cálculo.

En primer lugar, la accesibilidad de las distintas localizaciones depende de su propia localización física, es decir, de su distribución en el territorio en relación con el resto de puntos. Para medirla, se utiliza el concepto de *impedancia* o fricción de la

distancia: la resistencia que ofrece la misma separación física y que, intuitivamente, se puede interpretar como la disminución de la probabilidad de desplazamiento entre dos puntos a medida que aumenta su separación (LEVINSON, 1998, pág. 13). Se suelen utilizar tres formas distintas para medir la impedancia: la distancia entre las diferentes localizaciones, ya sea en línea recta o mediante los sistemas de transporte disponibles, el tiempo de desplazamiento y el coste monetario. De las tres medidas, la más habitual, y también la empleada aquí, es el tiempo. La principal ventaja con respecto a la distancia es que se acerca más al comportamiento real de los individuos —para ir de un lugar a otro no se busca el camino más corto, sino el más rápido—, mientras que con respecto al gasto, la ventaja principal es el menor requisito de información.

En segundo lugar, la accesibilidad se encuentra necesariamente determinada por el medio de transporte que se utiliza en el desplazamiento, ya que éste condiciona, no sólo la duración, sino también la posibilidad o no de desplazamiento y su percepción. Así, la accesibilidad debe ser entendida como «la facilidad con que unas determinadas actividades pueden ser alcanzadas desde una determinada localización con un sistema de transporte determinado» (GUTIÉRREZ y GÓMEZ, 1999, págs. 3-4). A pesar de la existencia de aproximaciones más o menos elaboradas sobre la evaluación de la accesibilidad mediante el uso combinado de más de un modo de transporte, el estudio se limita al vehículo privado por tres motivos: es el único que abarca la totalidad del territorio poblado, es el mayoritario en la movilidad habitual de las personas, tanto la relacionada con el trabajo y el estudio como la generada por motivo de compras, ocio, etc., y requiere menor demanda de información.

Finalmente, muchos autores incorporan un tercer elemento: el grado de utilidad de las distintas localizaciones en función de sus características; es decir, «las posibilidades que ofrecen cada uno de los destinos potenciales a la hora de satisfacer las necesidades de los ciudadanos, de las empresas y de los servicios públicos» (MAKRI y FOLKESSON, s. f., pág. 5), de manera que este punto de vista pone su énfasis en las interacciones que se establecen entre los diferentes puntos en función de su grado de atracción. A pesar de que las unidades de medida de este poder de atracción son diversas, generalmente se tiene en cuenta la población o el número de puestos de trabajo.

3. LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. EL SIMCAT

Para el cálculo del indicador de accesibilidad propuesto, la única medida necesaria que se deriva de la red viaria es el tiempo de desplazamiento entre los municipios de Cataluña, que se ha obtenido mediante un SIG. El programa utilizado es el llamado «Sistema d'Informació i Modelització per a l'Avaluació de Polítiques Territorials a Catalunya» (en adelante, SIMCAT), especialmente diseñado por la consultoría MCRIT (www.mcrit.com) para el análisis de las infraestructuras de transporte en Cataluña y su impacto territorial, y usado actualmente por los técnicos del *Departament de Política Territorial i Obres Públiques de la Generalitat de Catalunya* (Esquiús et al., 2002).

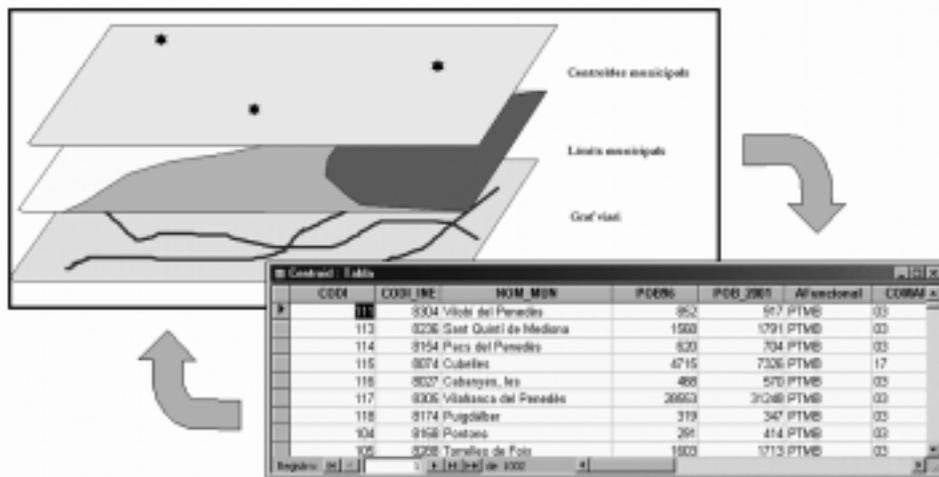
3.1. La estructura de los datos

Como en todo SIG del tipo vectorial, los elementos del SIMCAT se pueden agrupar en tres categorías (Bosque, 1997; Comas y Ruiz, 1993; Gutiérrez y Gould, 1994):

- *Puntos o nodos*: se trata de elementos sin dimensión, cuya información espacial se reduce a un par de coordenadas latitud/longitud, que marcan su localización en el territorio y que se han utilizado en forma de centroides, como punto representativo de áreas mayores.
- *Líneas o arcos*: serie ordenada de posiciones unidas por segmentos rectos que tienen necesariamente como principio y final un nodo y que permiten modelar elementos de carácter lineal como carreteras, ríos o curvas de nivel.
- *Polígonos*: no son más que líneas cerradas que delimitan superficies, útiles para representar tanto divisiones administrativas (términos municipales por ejemplo) como accidentes naturales (islas o lagos entre otros).

Los diferentes tipo de elementos (arcos de carretera, centroides de municipios, etc.) que contiene el SIMCAT se agrupan en las conocidas como «clases temáticas», para cada una de las cuales existe como mínimo una tabla que contiene la información temática de cada uno de los objetos que la componen.

Figura 1. Estructura de la información geográfica y temática de los elementos del SIMCAT

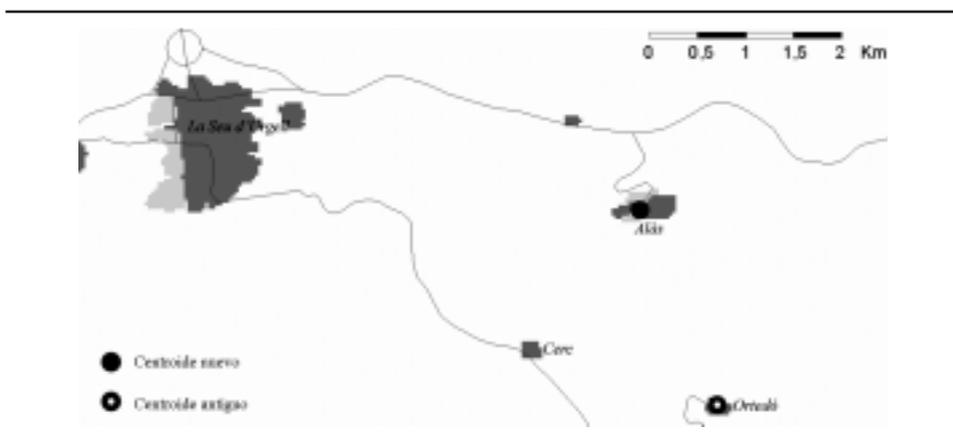


Fuente: Adaptación de Gutiérrez y Gould, 1994

En concreto, las clases temáticas utilizadas son las siguientes:

- *El grafo de la red viaria.* El elemento clave para desarrollar el presente estudio es la red viaria, que en el SIMCAT está representada en forma de una red de arcos formada por 15.626 elementos, delimitados por 13.823 nodos viarios. La situación representada en el SIMCAT es la correspondiente al año 2001, de modo que, ante la voluntad de realizar un estudio evolutivo de la accesibilidad, ha sido necesario modificarla a partir de la metodología detallada en el apartado 4. La principal información temática asociada se refiere a su clasificación funcional y tipológica —realizada sobre la base del mapa oficial de carreteras de Catalunya—, la nomenclatura de las vías y las velocidades de flujo libre de circulación —de acuerdo con las características y el trazado de cada tramo.
- *Los centroides municipales y comarcales.* Se trata de la asignación a cada uno de los polígonos municipales y comarcales de un punto representativo que, en este caso se refiere a su punto central. La necesidad de asignar a cada clase poligonal un punto que la identifique y la represente viene determinada por la necesidad de construcción de caminos entre nodos a través de una red de arcos que los conecten entre ellos. Entre la información asociada a esta clase hallamos elementos de identidad (código, nombre...), información territorial básica (comarca, provincia de pertenencia) y datos de población. El problema principal de su utilización deriva del criterio de localización del punto representativo, que en algunos casos ha sido necesario situar en relación al núcleo urbano principal y no según la superficie del término municipal o la posición de otras entidades de población menores (véase, a modo de ejemplo, la Figura 2).

Figura 2. *Ejemplo de relocalización de un centroide municipal en relación al núcleo principal de población. Municipio de Alàs i Cerc*



Fuente: Elaboración propia a partir del SIMCAT.

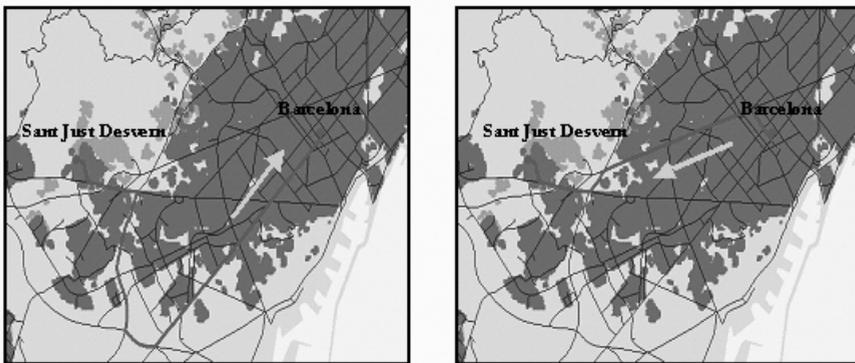
- *Los conectadores entre los centroides y la red.* Para conectar las diferentes clases de centroides con la red viaria, se dispone de arcos en línea recta entre cada uno de los centroides y el nodo viario más cercano, motivo por el cual se trata generalmente de tramos de corta longitud. Se trata, pues, de elementos ficticios, que no responden a ninguna situación real, pero totalmente imprescindibles, de modo que su información temática se reduce prácticamente a su velocidad de circulación.

3.2. Las utilidades de cálculo

Una de las principales ventajas de los SIG es la integración en el mismo programa de utilidades para el cálculo de funciones entre los elementos que se encuentran georeferenciados. En nuestro análisis se ha utilizado exclusivamente la utilidad que permite crear matrices de caminos mínimos entre nodos, mediante la cual el SIMCAT calcula el camino para ir de cada nodo a cada uno del resto de nodos seleccionados a través de la red viaria siguiendo el criterio de coste mínimo, ya sea en unidades de tiempo o de distancia. Los resultados obtenidos se guardan en una tabla nueva en la base de datos de manera que cada registro se refiere a cada una de las parejas de nodos analizados.

Entre los diferentes tipo de matriz que el SIMCAT calcula, se ha utilizado la matriz de tiempo mínimo a través de la red viaria, cuyo cálculo se basa tanto en la longitud de los tramos como en su velocidad de circulación. Cabe resaltar que no se trata de una matriz simétrica, pues algunos arcos tienen establecido un sentido único de circulación, como sucede tanto en las entradas y salidas de las autopistas como en el tramo urbano representado en la ciudad de Barcelona (véase la Figura 3).

Figura 3. Ejemplo de cálculo de camino mínimo en tiempo entre los municipios de Barcelona y Sant Just Desvern según el sentido de circulación, 2001



Fuente: Elaboración propia a partir del SIMCAT.

4. LA RECONSTRUCCIÓN DEL GRAFO DE LA RED VIARIA, 1986-2001

Como el grafo viario del SIMCAT representa la situación correspondiente al año 2001, ha sido necesaria su reconstrucción para escenificar otros tres momentos: 1986, 1991 y 1996, mediante la identificación de las vías que, en un sentido u otro, han experimentado alguna modificación durante el periodo analizado.

4.1. *La cartografía de base utilizada*

A pesar de que el grafo viario del SIMCAT se puede asimilar a la situación correspondiente al año 2001, por necesidades de la investigación, ha sido necesaria la reconstrucción de la red viaria en tres momentos diferentes —1986, 1991 y 1996—, reconstrucción que se ha llevado a cabo a partir de la identificación de las vías que han experimentado alguna modificación en el conjunto del período. La metodología ha consistido, en primer lugar, en la comparación exhaustiva de los mapas oficiales de carreteras elaborados por el *Institut Cartogràfic de Catalunya* que, a escala 1:250 000, viene elaborando desde 1985 hasta la actualidad. En concreto, se han utilizado las ediciones de 1985, 1986, 1995, 1997, 1999 y 2002. Los dos primeros han sido la base para el grafo de 1986, los siguientes para el de 1996, y los dos últimos se han empleado para contrastar la información del SIMCAT. La inexistencia de una edición próxima a 1991 ha implicado la consulta de mapas oficiales de calidad inferior, como son un mapa turístico-monumental de 1988 a escala 1:400 000 y un mapa comarcal de Catalunya de 1991 a escala 1:280 000, cuya información se ha complementado con la consulta de mapas comarcales, atlas topográficos, ortoimágenes e, incluso, planos turísticos y guías urbanas.

Igualmente, y debido al cambio en los criterios de confección de los mapas, no siempre ha sido posible precisar si la ausencia de una carretera o de un tramo de la red, se debía a una inexistencia real o a la inexistencia sólo en la cartografía. De ejemplos que ponen en entredicho la calidad de las fuentes se ha localizado una veintena. La solución adoptada ha consistido en contactar directamente con personas o entidades que pudieran aportar la información pertinente: en algunos casos el titular de las carreteras —*Departament de Política Territorial i Obres Públiques*, concesionarias de autopistas...—, en otros, los Consejos Comarcales o los Ayuntamientos directamente afectados o, incluso en algún caso, particulares.

Hay que indicar que sólo se ha modificado la red viaria visible en la cartografía consultada, de modo que, para evitar posibles sesgos, hay tramos de red que, a pesar de tenerse constancia (por experiencia personal) de su modificación en el periodo analizado, como por su magnitud no era visible en la cartografía, se tomó la decisión de no modificarlos. La consecuencia es que los cambios habrán sido más numerosos que los reseñados, de modo que, en realidad, la evolución de la red, y, por tanto, de la accesibilidad, habrá sido mayor que la mesurada: los valores observados serán un mínimo, un valor menor a la evolución real de la accesibilidad.

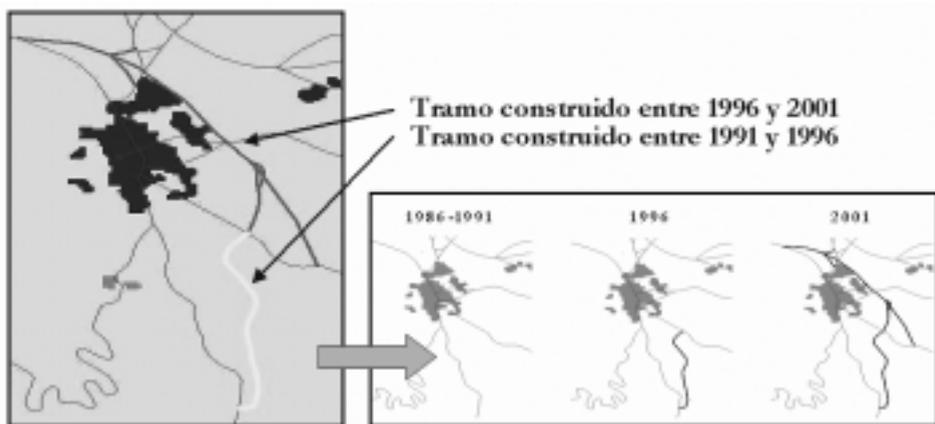
Además, por la estructura propia del SIMCAT y como no ha sido posible crear tramos nuevos de red, ha sido necesario aprovechar el trazado de las vías existentes el 2001 y modificar sus velocidades. Sin embargo, se trata en realidad de un problema menor, ya que en la práctica totalidad de los casos —al tratarse de una tarea retroactiva—, la solución no consistía en redibujar un trazado nuevo, sino en eliminar parte de la red existente.

4.2. La casuística en la reconstrucción de la red

A efectos prácticos, en el proceso de reconstrucción retroactiva de la red de 1986, 1991 y 1996 a partir de la información de 2001, el tratamiento dado puede resumirse en tres situaciones posibles:

- *Vías o tramos que no han experimentado ninguna modificación.* Se mantiene la información del 2001 para todos los años anteriores.
- *Vías de nueva construcción.* La metodología ha sido datar el año de construcción y asignar una velocidad igual a 0 en los momentos previos, de modo que ha sido necesaria crear una configuración nueva para cada momento —1986, 1991 y 1996— donde dichos tramos han sido excluidos (es el caso, por ejemplo, de la ronda del municipio de Montblanc, construida en dos etapas, una entre 1991 y 1996 y la otra, entre 1996 y 2001, como refleja la Figura 4).

Figura 4. Reconstrucción del grafo de la red viaria correspondiente a la ronda de circunvalación de Montblanc, 1986-2001



Fuente: Elaboración propia a partir del SIMCAT.

- *Tramos reformados en mayor o menor grado.* Si bien lo más habitual es que se haya producido un cambio en sentido ascendente —de carretera a autovía, por ejemplo—, en algunos casos se ha producido la modificación inversa —como la conversión de la N-II de carretera a autovía manteniendo el antiguo trazado en algunos municipios del Baix Llobregat donde el antiguo trazado se ha convertido en un tramo urbano. En uno y otro caso ha sido necesario modificar la velocidad de circulación, asignando a los tramos reformados la misma velocidad que los tramos vecinos no modificados.

Una vez identificados todos los tramos y clasificados en alguna de las situaciones descritas, se ha modificado la base de datos para simular el grafo viario de cada momento a partir de la situación base, la correspondiente al año 2001.

Figura 5. *Modificaciones observadas en la red viaria entre 1986 y 2001. Catalunya*



Fuente: Elaboración propia a partir del SIMCAT.

5. LA EVOLUCIÓN DE LA ACCESIBILIDAD EN CATALUNYA, 1986-2001

Aunque no constituye el objetivo principal de este trabajo, a continuación se presenta de forma muy breve el resultado de la evolución de la accesibilidad de los municipios catalanes durante el periodo 1986-2001. De entre los numerosos indicadores de accesibilidad que se usan a menudo —y que han sido tratados de forma extensa (véanse, por ejemplo, los trabajos de Ajenjo y Alberich, 2003; Baradaran y Ramjerdi, 2001; Geertman y Ritsema Van Eck, 1995; Geurs y Ritsema Van Eck, 2001; Makri y Folkesson, s. f.; o Monzón de Cáceres, 1988)—, se ha optado por utilizar uno de los más sencillos pero a la vez más descriptivos, como es el tiempo medio que separa los municipios, según la fórmula siguiente:

$$\frac{\sum_{j=1, j \neq i}^n t_{ij}}{n-1}$$

Dónde

t_{ij} = Tiempo entre municipios

i = Municipio de origen

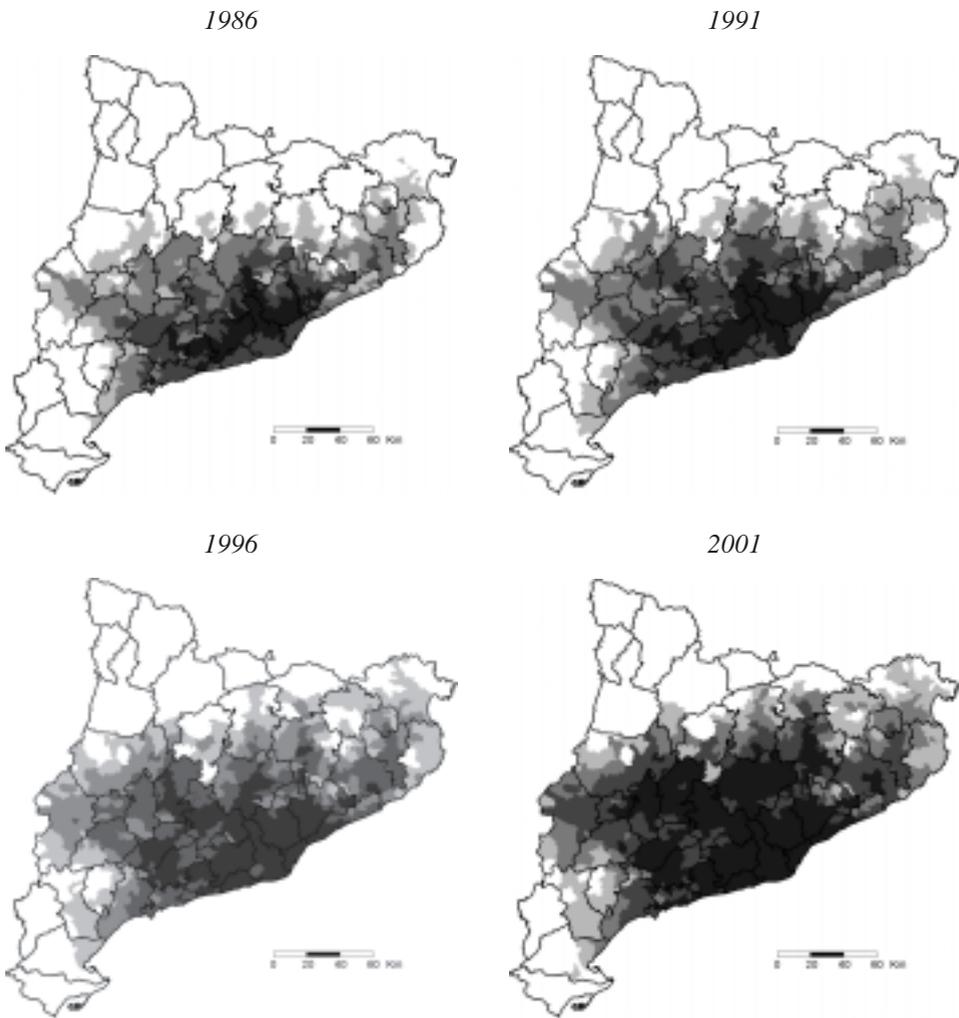
j = Municipio de destino

Se trata, a pesar de su sencillez, de un buen indicador de accesibilidad por carretera, ya que su valor depende de tres factores básicos: *a*) la localización de los nodos, *b*) la longitud de las carreteras y *c*) la velocidad de circulación. Los resultados demuestran que el ahorro de tiempo durante el total del periodo es de 15,3 minutos: en 1986, la media de tiempo de desplazamiento entre dos municipios catalanes cualesquiera era de 118,1 minutos, mientras que en 2001 se había reducido a 102,8 minutos (véase la Figura 6). Aunque la ganancia más significativa corresponde al periodo 1991-1996, las diferencias son poco importantes, de forma que la mejora en cada quinquenio ha sido de unos cinco minutos, una media de un minuto por año transcurrido.

En 1986 sólo en uno de cada diez municipios de Cataluña se tarda menos de una hora y media para llegar a los restantes, cifra que se incrementa hasta uno de cada tres en 2001. Y lo mismo ocurre en el umbral establecido para determinar el mayor tiempo de desplazamiento, de modo que se reducen considerablemente los municipios que están por encima de las dos horas: de un 38,6% a un 16,8%, en quince años. Obviamente, la evolución de la población afectada va en el mismo sentido (véase la tabla adjunta a la Figura 6).

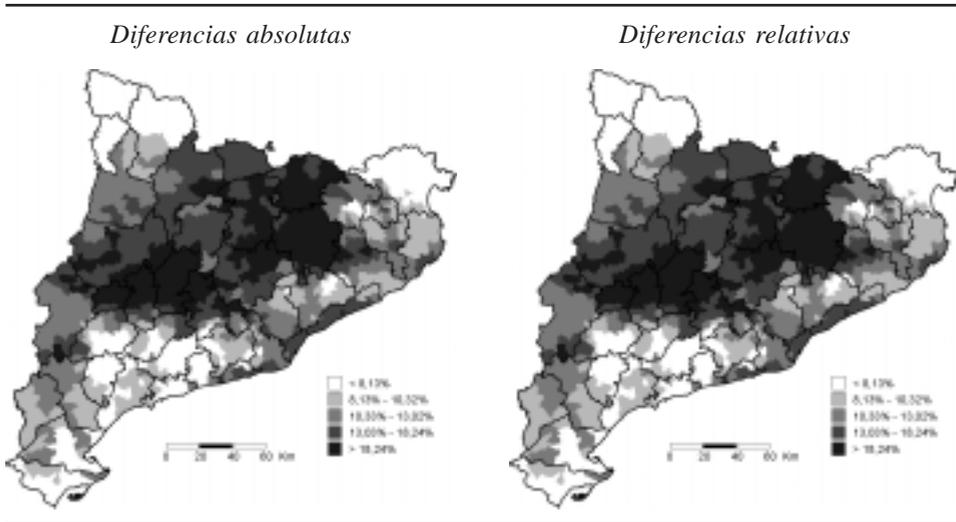
En términos generales, una parte importante de las mejoras más destacadas es imputable a una de las únicas vías construidas en este período que enlaza zonas que en 1986 tenían una conexión dificultosa: el *Eix Transversal*. Ahora bien, también otras vías evidencian su importancia generando mejoras significativas. Es el caso, por ejemplo, del *Eix del Llobregat*, de la C-17 o de las mejoras de la C-14 como consecuencia de la construcción del pantano de Rialb. En este sentido, las comarcas más favorecidas son las afectadas por la construcción de dos grandes ejes viarios, que normalmente son el *Eix Transversal* y algún otro.

Figura 6. Evolución del tiempo medio entre municipios. Municipios de Catalunya, 1986-2001



	<i>% de munic. que representan</i>				<i>% de poblac. que incluyen</i>			
	1986	1991	1996	2001	1986	1991	1996	2001
■ < 90 minutos	9,4%	13,7%	22,8%	33,9%	17,9%	29,1%	72,8%	78,4%
■ 90,00-99,99 minutos	14,7%	18,2%	21,2%	21,2%	57,1%	50,3%	12,3%	11,8%
■ 100,00-109,99 minutos	18,7%	18,8%	17,3%	14,4%	10,7%	9,4%	6,2%	2,7%
■ 110,00-119,99 minutos	18,6%	17,1%	16,5%	13,6%	5,2%	4,4%	4,1%	3,8%
□ ≥ 120 minutos	38,6%	32,1%	22,1%	16,8%	9,0%	6,9%	4,6%	3,3%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 7. *Tiempo ganado entre 1986 y 2001. Municipios de Catalunya*

Fuente: elaboración propia.

Los municipios que menos tiempo han ganado, tanto en términos absolutos como relativos, son los situados en una franja próxima al litoral, concretamente alrededor de la AP-7 sur y la AP-2. Cabe añadir asimismo, pero sobre todo en términos relativos, las tres comarcas más noroccidentales que, por el contrario, cuando se cuantifican diferencias absolutas, se benefician del conjunto de transformaciones de la red viaria. También el Alt Empordà se halla en una situación análoga, con modificaciones de las infraestructuras viarias pocos importantes

6. CONCLUSIONES

A grandes rasgos, cabe destacar que la metodología utilizada para calcular de forma retrospectiva la accesibilidad de una red viaria ha sido muy satisfactoria. A pesar de ello, la inexistencia a lo largo de todo el periodo analizado (1986-2001) de una cartografía oficial periódica y estandarizada, así como la ausencia de una base de datos donde se recoja la totalidad de las modificaciones de la red viaria (en parte como consecuencia de la heterogénea titularidad de la red viaria catalana) ha dificultado enormemente el proceso de elaboración, y de algún modo, podría afectar algunos de los cálculos realizados.

Sin embargo, estimamos que estos serían de poca envergadura, y la conclusión que en quince años el tiempo de desplazamiento entre dos municipios cualesquiera ha descendido en quince minutos refleja de manera bastante fidedigna la evolución que ha sufrido la red viaria en Catalunya.

7. BIBLIOGRAFÍA

- AJENJO, M. y Alberich, J. (2003): «El uso de la variable población en los indicadores de accesibilidad». *Papers de Demografia*, 227.
- , (2004): *Repercussions de la xarxa viària en la població, el poblament i la mobilitat habitual. Catalunya, 1986-2001*. [Informe elaborado por el Centre d'Estudis Demogràfics por encargo de la Fundació Abertis. *Mimeo*].
- BARADARAN, S. y RAMJERDI, F. (2001): «Performance of accessibility measures in Europe». *Journal of Transportation and Statistics*, 4 (2/3), págs. 31-48.
- BOSQUE, J. (1997): *Sistemas de Información geográfica*. Madrid: Ediciones Rialp.
- COMAS, D. y RUIZ, E. (1993): *Fundamentos de los SIG*. Barcelona: Ariel.
- ESQUIUS, A., FONT, M., LÓPEZ, R. y ULIED, A. (2002): «El model de demandes de trànsit per carreteres del sistema SIMCAT». *Perspectives Territorials*, 4, págs. 3-18.
- GEERTMAN, S. C. M. y RITSEMA VAN ECK, J. R. (1995): «GIS and models of accessibility potential: an application in planning». *International Journal of Geographical Information Systems*, 9 (1), págs. 67-80.
- GEURS, K. T.; RITSEMA VAN ECK, J. R. (2001): *Accessibility measures: review and applications. Evaluation of accessibility impacts of land-use transport scenarios, and related social and economics impacts*. *Mimeo*.
- GUTIÉRREZ PUEBLA, J. y GÓMEZ, G. (1999): «The impact of orbital motorways on intra-metropolitan accessibility: the case of Madrid's M-40». *Journal of Transport Geography*, 7 (1), págs. 1-15.
- GUTIÉRREZ PUEBLA, J. y GOULD, M. (1994): *SIG: Sistema de información geográfica*. Madrid: Síntesis. [Colección «Espacios y sociedades. Serie general, 2»].
- LEVINSON, D. M. (1998): «Accessibility and the journey to work». *Journal of Transport Geography*, 6 (1), págs. 11-21.
- MAKRI, M.^a-Ch.; FOLKESSON, C. (s.f.): *Accessibility measures for analyses of land use and travelling with geographical information systems*. *Mimeo*.
- MONZÓN DE CÁCERES, A. (1988): «Los indicadores de accesibilidad y la planificación del transporte: concepto y clasificación». *TTC: Revista del Ministerio de Transportes, Turismo y Comunicaciones*, 35, págs. 11-18.