

Un análisis del efecto de la inversión en infraestructuras sobre la accesibilidad del territorio a la red viaria de alta capacidad

Federico Pablo, Carlos Muñoz y Rafael Myro



ABSTRACT:

En el presente artículo se presenta un análisis de accesibilidad del territorio español a la red de carreteras de gran capacidad, y de su evolución durante el período 1991-2000, afectado en una gran medida por el Plan Director de Infraestructuras de 1993, pero que recoge aún realizaciones finales del anterior plan, de 1984.

El análisis se ha realizado dividiendo el territorio español peninsular en cuadrículas de un kilómetro cuadrado y asignando a cada cuadrícula un coste en términos de tiempo, teniendo en cuenta algunas características básicas de su dotación de infraestructuras de carreteras, básicamente la existencia de barreras naturales o artificiales al tráfico, de carreteras de baja o gran capacidad. Después se ha aplicado un algoritmo que, a través de un GIS alimentado con la información anterior, permite calcular la ruta más corta en términos de tiempo entre cualesquiera dos cuadrículas en las que se ha parcelado el territorio.

Introducción

Aunque son muchos los trabajos realizados sobre la valoración del capital disponible en infraestructuras de diversa índole y en diferentes zonas o regiones, con mucha frecuencia como paso previo para estimar sus efectos sobre la producción y el crecimiento económico, son pocos los que van más allá de las medidas físicas o monetarias y consideran la accesibilidad que las unidades económicas tienen a ese capital, es decir la facilidad en tiempo y el coste con que pueden utilizarlo.

Una primera razón para ello es su dificultad, pues exige disponer de abundante información sobre las características y ubicación de las infraestructuras y poder gestionarla en el marco de programas informáticos avanzados, es decir de un GIS con bases de datos diferentes y alimentado con programas de tratamiento especiales.

Una segunda razón es que la medición de la accesibilidad es algo complementario del análisis económico de las infraestructuras, no sustitutivo. Constituye sin duda un primer acercamiento al estudio de los efectos de las infraestructuras, pues ofrece una valoración de la ubicación geográfica de las unidades familiares y productivas en un territorio dado, de manera que si la medición es buena nos dice mucho del impacto de la inversión en infraestructuras. Pero aún siendo un acercamiento a la estimación de los efectos de esta inversión, no puede sustituir al análisis económico, único susceptible de cuantificarnos su productividad y rentabilidad. De esta manera, como se ha dicho, no es un análisis alternativo, sino complementario.

Pero como análisis complementario es de enorme importancia, porque perfecciona sensiblemente la medición convencional de cualquier infraestructura, sobre todo cuando se trata de distinguir efectos diferenciales sobre unidades económicas establecidas en un mismo territorio. Así supóngase que valoramos en términos monetarios una carretera que atraviesa una provincia muy cerca de su frontera con otra provincia contigua. Si atribuimos el capital invertido en esa

carretera a la provincia en la que se ubica, tendremos que buscar por otros medios la forma de captar sus efectos sobre la provincia colindante, lo que justifica la extensión que han alcanzado los estudios de los spillovers de las infraestructuras. Una valoración de la accesibilidad de los diferentes municipios de cada una de las provincias a la red de carreteras permite también resolver este problema. Eso no quiere decir que el análisis de la accesibilidad lo resuelva todo, porque es necesario definir respecto a qué puntos o referencias se mide. Pero es claro que contribuye a una mejor medida de las infraestructuras, de la distribución regional de sus impactos, y, por ende, del análisis final de sus efectos sobre la producción y el crecimiento de diferentes unidades territoriales.

Por consiguiente, hemos considerado como un aspecto muy importante del proyecto en el que estamos trabajando el análisis de la accesibilidad de los municipios españoles mayores de 5000 habitantes a la red viaria de gran capacidad, como paso preliminar al estudio de los efectos económicos sobre el territorio de la inversión en este tipo de infraestructura. Es un análisis que se hará para varios años con el fin de captar lo sucedido con el Plan Director de Infraestructuras de 1993 y con el que se encuentra actualmente en realización.

En las páginas que siguen se ofrecen los primeros resultados de este análisis para los años 1991 y 2000, es decir el período de vigencia del anterior plan de infraestructuras. No se aborda aún este análisis para los municipios, sino para unidades territoriales homogéneas de pequeña dimensión (cuadrículas de 1000 metros de lado), y también para las provincias, dado que puede construirse un valor medio para ellas, a partir de las cuadrículas que las forman.

Comenzamos por discutir el concepto de accesibilidad, exponer las diferentes formas de medirlo y justificar la elección de una de ellas. A continuación ofrecemos los resultados para 1991 y 2000 y comparamos las evoluciones. Ni que decir tiene que a partir de aquí se abren muchos análisis posibles. Dado que también hemos estimado el valor del capital invertido en la red viaria de gran capacidad en cada provincia, un estudio inmediato es el de los efectos sobre la accesibilidad de las inversiones en cada región. Nos podremos encontrar con regiones cuya dotación de carreteras se haya elevado muy considerablemente,

cuando se mide por kilómetros o en valor y que en cambio no hayan experimentado mejoras sustanciales en términos de accesibilidad.

Recordaremos, para finalizar esta introducción, que entendemos por red viaria de gran capacidad el conjunto de carreteras formado por autopistas, autovías y carreteras de doble calzada.

El concepto de accesibilidad y sus determinantes

En los últimos años, el uso del concepto de accesibilidad se ha ido extendiendo en la literatura sobre infraestructuras, al tiempo que se han dedicado crecientes esfuerzos a su definición y medición. Goodall (1987) define la accesibilidad como la facilidad con que se puede llegar a un sitio desde otras localidades; Deichmann (1997) trata de ofrecer una definición más amplia, como facilidad de acceso a oportunidades económicas y sociales. Naturalmente, cuanto mejor es la accesibilidad, más competitivos y por tanto más exitosos en términos de crecimiento económico son los territorios (Linneker, 1997), con independencia de otros factores.

Para completar y concretar estas definiciones, podría decirse que la accesibilidad recoge sintéticamente los costes agregados (en términos de tiempo, dinero, molestias y riesgo) en los que se incurre para realizar las distintas actividades cotidianas, ya sean económicas, sociales, de ocio...

Entre los factores que afectan a la accesibilidad que caracteriza a una determinada población pueden citarse los siguientes:

1. Ubicación geográfica con respecto a la localización de las oportunidades económicas y sociales.
2. Movilidad, o conjunto de alternativas de transporte (redes y medios de locomoción) de que se dispone para acceder a las oportunidades, los mercados principales de bienes o servicios. La movilidad se refiere al movimiento y, en general, una mejora de la movilidad supone necesariamente una mejora de la accesibilidad. Se valora normalmente en tiempo de viaje (distancia entre velocidad media).

3. Sustitutos de la movilidad. Las infraestructuras de telecomunicaciones (desarrollo de la telefonía móvil e internet) y los servicios de mensajería y reparto a domicilio pueden sustituir en muchas ocasiones al desplazamiento para alcanzar la oportunidad o el servicio deseados. El desarrollo de los sustitutos de la movilidad podría pues reducir la importancia de los desplazamientos físicos (transporte) y, por tanto, relajar las tendencias hacia la concentración de población y actividad entorno a los grandes núcleos poblacionales. Sin embargo, la evidencia disponible hasta ahora no confirma claramente que esté sucediendo, ya que el reciente desarrollo de las telecomunicaciones y los servicios a domicilio ha coincidido con un nuevo impulso en la concentración de la población en torno a grandes centros poblacionales y de actividad económica. Quizá el desarrollo de los sustitutivos de la movilidad eliminan algunos desplazamientos pero no otros.
4. Usos del suelo. Nos referimos a la distribución geográfica de actividades y destinos que naturalmente va a condicionar el flujo de relaciones e intercambios.

La dispersión de los destinos incrementa las necesidades de transporte para acceder a los bienes, servicios y actividades, reduciendo la accesibilidad. No quiere esto decir que la relación entre densidad y accesibilidad sea claramente positiva, porque el aumento de la densidad y agrupamiento de población y actividades tiende a incrementar la congestión del tráfico y aparcamiento, lo que reduce significativamente la accesibilidad mediante automóviles. No obstante, favorece de forma muy importante el uso de otros medios de transporte como el caminar, la bicicleta o el ferrocarril urbano, medios por otra parte más deseables desde una perspectiva ambiental y de uso racional de los recursos.

El análisis de la movilidad basado en el transporte por carretera, considerando la calidad de la red o las velocidades medias que pueden alcanzarse, tiende a indicar que la concentración es perjudicial para la accesibilidad y que son más beneficiosos modelos de desarrollo urbano más dispersos. Sin embargo, cuando la accesibilidad se valora más propiamente, a partir de los costes

agregados (tiempo y dinero) necesarios para acceder a los destinos cotidianos, se obtiene el resultado contrario: la concentración favorece la accesibilidad y el uso racional de los recursos de transporte.

En este sentido, conviene destacar aquí que la tendencia seguida por el desarrollo urbanístico en los últimos 15 años en España ha primado un modelo urbanístico muy intensivo en transporte privado (vehículos a motor), desde luego opuesto al que se han defendido social y políticamente, más respetuoso con el medio ambiente y con el mayor uso de transporte público.

5. Factores económicos: el coste económico (medido en términos relativos respecto al nivel de renta) que requiere el acceso a los bienes y servicios condiciona de forma importante la accesibilidad.
6. Factores sociales: como el conocimiento e información sobre la localización de la oferta de bienes y servicios y sus alternativas de acceso.

Naturalmente, todos estos aspectos que condicionan la accesibilidad de una determinada ciudad no son independientes de ésta, es decir, no se trata de variables exógenas a ella, que la explican, puesto que, a su vez, la accesibilidad condiciona la concentración y distribución espacial de la actividad económica y de la población.

La medición de la accesibilidad

En términos matemáticos, la accesibilidad puede definirse como la conjunción de dos funciones. En la primera, denominada función de actividad, se recogen las oportunidades de alcanzar el objetivo mientras que la segunda, conocida como función de impedancia, capta los costes o esfuerzos requeridos (Schürmann *et al.*, 1997; Wegener *et al.* 2000).

La función de actividad considera la importancia de los objetivos que se quieren alcanzar, así como si éstos son excluyentes o no. No es lo mismo tener acceso a un núcleo urbano de gran dimensión que a otro más pequeño. Análogamente, no es lo mismo encontrarse ante dos objetivos opuestos entre los que es necesario

elegir que ante objetivos cercanos y compatibles, a los puede accederse sin renuncia.

De esta forma, una forma general de expresar la accesibilidad sería

$$[1] \quad A_i = \sum_j g(W_j) f(c_{ij})$$

en la que A_i sería la accesibilidad del territorio i y $g(W_j)$ y $f(c_{ij})$ las funciones de actividad e impedancia respectivamente. Al estar ambas funciones asociadas multiplicativamente actúan una sobre otra como ponderaciones.

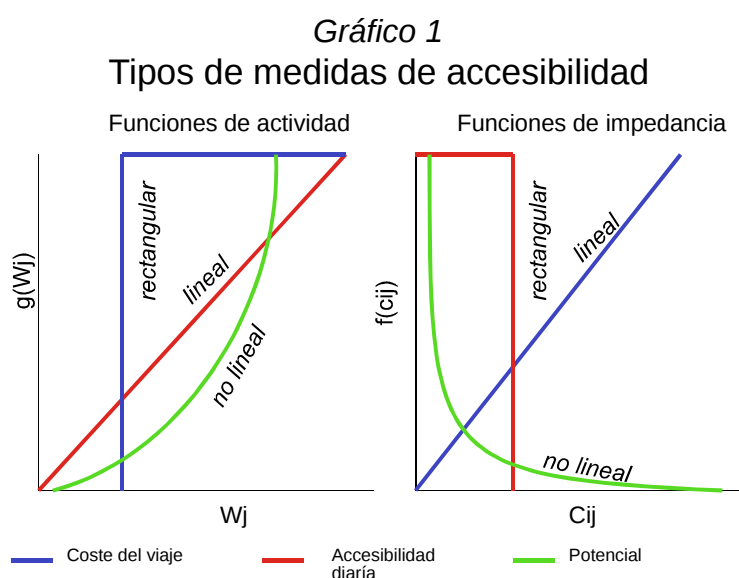
A partir de esta definición, los indicadores de accesibilidad pueden agruparse en tres grandes grupos, dependiendo de los aspectos a los que se concede mayor importancia.

Accesibilidad diaria. Para este tipo de indicadores se considera que el tiempo está fijado –por ejemplo en un día- por lo que la accesibilidad se determina en función de la importancia y el número de objetivos que pueden alcanzarse en el tiempo establecido. Una medida de accesibilidad de este tipo sería la adecuada, por ejemplo, para determinar el lugar idóneo en el que establecer un centro comercial, en función de la población y el poder adquisitivo de una zona de influencia. En la ecuación de accesibilidad, los valores del indicador se basan en a una función de impedancia rectangular, en la que los costes son fijos, y una función de actividad creciente.

Costes de viaje. Si se considera que no son relevantes todos los destinos u objetivos posibles dentro de un área sino solamente un número limitado de ellos. La accesibilidad se considera en este tipo de indicadores como los costes en los que es necesario incurrir para alcanzar los destinos seleccionados. La función de actividad suele tener en este caso forma rectangular mientras que la de impedancia es lineal. Se trata de indicadores muy utilizados pues son de fácil interpretación, relativamente sencillos de calcular y requieren menos información estadística que otros alternativos (Baradaran y Ramjerdi, 2001). Son utilizados frecuentemente para medir la adecuación de los sistemas de transporte (Guy 1977 y Breheney 1977).

Potencial. Inspirados inicialmente en los modelos gravitacionales newtonianos basados en las interacciones de las masas (Rich, 1978), este tipo de indicadores mide la accesibilidad en función de la importancia del objetivo y de los costes necesarios para acceder a él. Habitualmente, se considera que tanto la función de actividad como la de impedancia son no lineales, con el fin de recoger en la primera el coste creciente de viajes cada vez más largos, y en la segunda las ventajas que se derivan de las economías de aglomeración y escala.

En el gráfico 1 se muestran las especificaciones más habituales de las funciones de actividad e impedancia, caracterizándose los tres grupos de indicadores señalados.



Fuente: Wegener et al. (2000).

Miller y Wu (1999) consideran otros indicadores que intentan subsanar algunas de las deficiencias que muestran los mencionados, en particular la no consideración de las diferencias en las restricciones y preferencias individuales de los viajeros.

Metodología utilizada en éste trabajo

Para el cálculo de las distintas medidas de accesibilidad que se muestran en este trabajo se ha seguido básicamente la metodología propuesta por Farrow y Nelson (2001) que explicaremos a continuación de forma breve.

El algoritmo de cálculo elaborado emplea la teoría de grafos para determinar la distancia más corta en términos de costes desde un punto del territorio a otro que se considera como objetivo¹. Para ello se divide el territorio en celdas cuadradas de una dimensión reducida (aquí se ha elegido de un kilómetro cuadrado), y se determina el coste que supone cruzar cada una de ellas, que se le asigna como valor. Después se elige la ruta que minimiza el coste del viaje de una celda a otra u otras, esto es, desde una celda de origen a otra que se toma como destino u objetivo. Aunque tal coste se suele expresar en términos de tiempo, puede transformarse fácilmente en una unidad monetaria.

Para determinar el valor de cada cuadrícula, es decir, el coste que supone cruzarla, se tienen en cuenta diferentes características del territorio, carreteras, ríos, áreas urbanas, barreras y tipo de cobertura de suelo, considerando esta última como valor de fondo. Cada una de estas características toma diversos valores que se asignan a la celda correspondiente.

Para resolver el problema que se plantea cuando en una celda determinada coinciden varias características (supóngase por ejemplo una carretera que pasa sobre una zona urbana que se encuentra en una zona boscosa), se utiliza el siguiente orden de prelación: en primer lugar, se considera si hay una barrera; si este es el caso, la celda toma el valor de la barrera. En caso de que no la haya, se considera sucesivamente si hay una carretera, un río, un área urbana. Si no se registra ninguna de las características anteriores, se toma como valor de fondo la cobertura del suelo, como ya se ha dicho anteriormente. De esta forma, en cada una de las celdas se considera una única característica como la más relevante desde el punto de vista de la accesibilidad, generalmente por ser la alternativa que implica un menor coste de viaje. Así, en una celda en la que concurren una carretera y un terreno por el que resulta fácil andar, se supone que pese a ello se utilizará la carretera. Las barreras son consideradas en primer lugar porque anulan las posibles ventajas de las otras variables y determinan el valor final del coste del viaje.

¹ El objetivo al que la medida de accesibilidad se refiere puede ser de diferente naturaleza: desde una carretera o una ciudad hasta el acceso puntual a una autopista.

El valor así estimado de las celdas es posteriormente modificado mediante un coeficiente que recoge la pendiente del terreno. La hipótesis utilizada considera que el coste de viaje aumenta si el terreno no es llano.

En nuestro caso la accesibilidad se expresa en términos de tiempo de viaje. La velocidad del viaje asignada a cada tipo de variable en cada celda se reescala mediante la ecuación 2 para expresarla en términos de tiempo requerido en cruzarla.

$$[2] \quad \text{Tiempo}(s) = \text{Tamaño de celda} \times \left(\frac{1}{(\text{Velocidad (km/h)}) \times \left(\frac{1000}{3600} \right)} \right)$$

Una vez determinados los costes del viaje en cada una de las celdas en las que se ha dividido el territorio, el algoritmo costo-distancia comienza a funcionar, calculando para ello el coste acumulado en la ruta seguida desde una celda a otra.

Gráfico 2
Enlaces y nodos que conforman la cuadrícula de costes

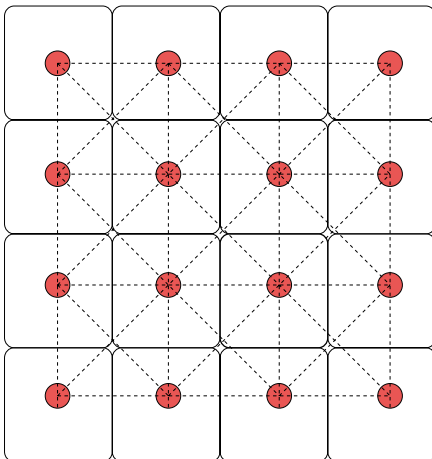
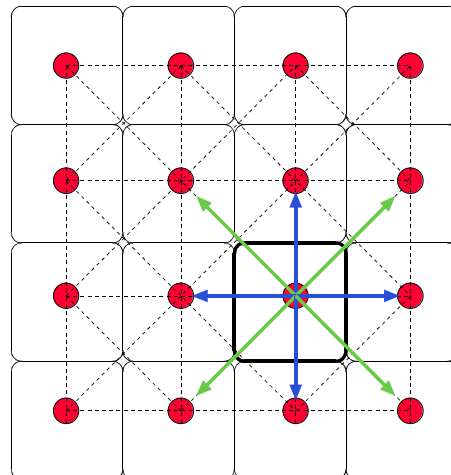


Gráfico 3
Impedancias y cálculo de costes agregados de la ruta



Por simplicidad, se considera que en el centro de cada celda existe un nodo al que se le asigna el coste entero de la celda y que está conectado con las celdas adyacentes mediante enlaces (gráfico 2)².

² Dado que las celdas son muy pequeñas, no se consideran diferencias en el coste entre cada uno de los puntos incluidos en cada celda.

El coste acumulado de pasar del nodo de una celda al de la celda contigua cuando esta no está situada en los vértices (es el caso de las flechas azules del gráfico 3) se calcula como la semisuma de los costes de las dos celdas implicadas. Cuando se trata de desplazarse a una celda adjunta pero que se encuentra en uno de los vértices la semisuma de sus costes se multiplica por la raíz de 2 pues supone un mayor desplazamiento por el territorio al tratarse de la hipotenusa del triángulo isósceles formado por los enlaces (flechas verdes del gráfico 3).

Una vez definida la forma en que se calculan los costes acumulados del viaje se hace necesario determinar la ruta entre el origen y el objetivo que minimiza el coste. Para ello se utiliza un método iterativo que parte de las celdas origen para ir determinando las rutas de menor coste. Con este fin, se genera una matriz de orígenes sobre la que se va aplicando repetidamente la matriz de costes.

El funcionamiento del algoritmo puede verse más claramente mediante un ejemplo (cuadros 1 y 2). A partir de una matriz de orígenes como la mostrada en el cuadro 1, se calculan -mediante la matriz de costes recogida en el cuadro 2 - los costes en que se incurriría para trasladarse desde las celdas origen hasta las celdas contiguas.

Cuadro 1
Matriz de orígenes

	1			
		1		
		1		

 Celdas origen

Cuadro 2
Matriz de costes

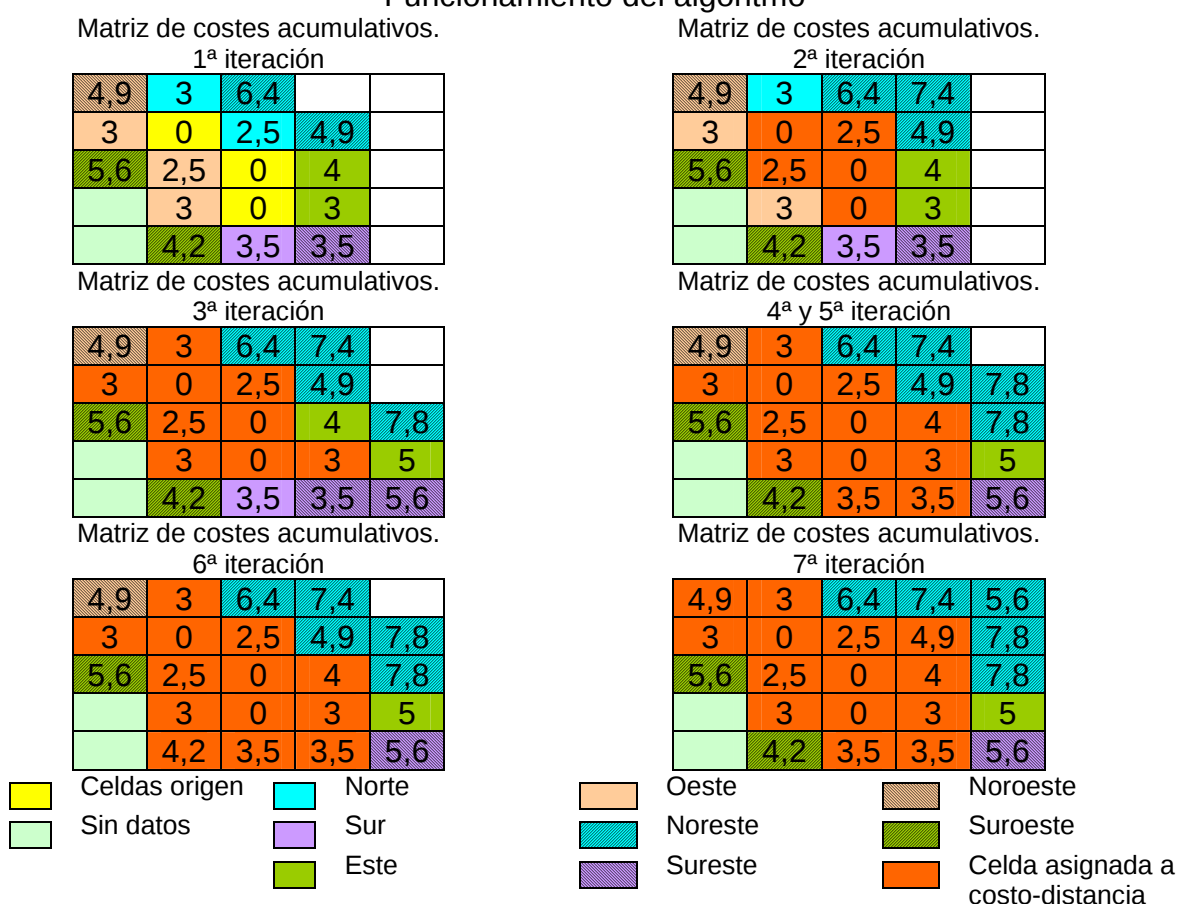
5	4	7	8	3
4	2	4	5	7
6	3	2	6	8
	6	2	4	7
	4	5	3	5

 Sin datos

Una vez realizados dichos cálculos, se seleccionan la celda o celdas que muestran un menor coste, teniendo en cuenta todas las direcciones posibles. En el cuadro 3, puede verse como en la primera iteración se considera como celdas con menor coste de viaje acumulado a las de origen, a las que se asigna un valor cero pues no supone coste alguno el acceso a sí mismas, y a las dos que muestran un valor de 2,5. Estas celdas son asignadas a la matriz de coste-distancia y para ellas el camino ya es óptimo y están marcadas en el cuadro 2 en rojo.

En la segunda iteración, se evalúan los costes de viaje a las celdas próximas a las asignadas a la matriz de coste-distancia para las que todavía no existen. En el ejemplo se obtiene el valor 7,4. Una vez calculados los valores de todas las celdas adyacentes se evalúa cual es la que presenta un menor coste para de esta forma añadirla a la matriz de coste-distancia. Este proceso se repite hasta que todas las celdas están asignadas a dicha matriz.

Cuadro 3
Funcionamiento del algoritmo



Una vez calculadas las rutas de menores costes que parten desde el origen, se reconstruyen las conexiones hacia atrás de los costes, partiendo de los objetivos alcanzados, lo que resulta posible dado que se han ido almacenando en una matriz denominada de retro-enlace las direcciones que se han ido siguiendo para obtener la matriz de coste-distancia. En el cuadro 3 se han marcado con diferentes colores las direcciones seguidas en el calculo de los costes acumulativos. Estas direcciones son las que posteriormente se incluyen en la matriz de retro-enlace.

El efecto del Plan Director de Infraestructuras de 1993 sobre la accesibilidad de los municipios españoles a la red viaria de gran capacidad

Para aplicar esta metodología a España, se ha dividido el territorio nacional en cuadrículas de un kilómetro cuadrado y se han calculado los tiempos mínimos de viaje desde cada una de ellas a tres destinos u objetivos distintos:

-en primer lugar, a la red de carreteras de gran capacidad, considerando esta como el conjunto de autopistas, autovías y carreteras de doble calzada.

-en segundo lugar, a los puntos de mayor densidad poblacional y económica, considerando estos como el conjunto formado por los municipios de más de 200.000 habitantes.

-en tercer lugar, a la red de carreteras de gran capacidad europea, de la que forman parte algunas carreteras españolas.

Los cálculos se han realizado para los años 1991 y 2000, de forma que pueden observarse claramente los efectos sobre la accesibilidad del Plan Director de Infraestructuras de 1993 y parte de los del plan anterior, que finalizó formalmente en 1991, aunque probablemente la culminación real de algunas obras se prolongó algún año más.

Por otra parte, los cálculos se han agregado por provincias, para ofrecer un valor medio de la accesibilidad de cada provincia y poder comparar a través de esta unidad administrativa común. El valor de cada provincia se obtiene como media simple de los valores de las cuadrículas que comprende.

Por otra parte, es importante señalar que algunas características importantes de las redes de transporte, como la velocidad media diaria de circulación, indicativa de su calidad y de sus niveles de congestión, no han podido tenerse en cuenta aún, lo que constituye de nuevo una importantes restricción que deberá ser eliminada en el curso de realización de este proyecto de investigación. Esto no quiere decir que no se hayan tenido en cuenta las diferentes calidades de carreteras, sino que sólo se ha considerado la división elemental entre redes de

gran capacidad, el resto de las carreteras nacionales y las comarcales y vecinales.

Sobre estas bases, el gráfico 4 recoge la medida de accesibilidad de las diferentes partes del territorio español a la red viaria de gran capacidad en 1991. Se puede observar que el acceso de una gran parte del territorio nacional a esta red no llevaba más de una hora, siendo muchos los puntos para los que este tiempo se reducía sensiblemente. Puede decirse así que la imagen general de la accesibilidad española a la red de gran capacidad en 1991 no era excesivamente mala, lo que debe atribuirse de forma destacada al plan de infraestructuras de 1984. Con todo, amplias zonas de Castilla-La Mancha, Aragón, Extremadura y Salamanca destacaban por su bajo nivel de accesibilidad, requiriendo el acceso desde ellas a una carretera de alta capacidad más de dos horas de viaje.

Gráfico 4

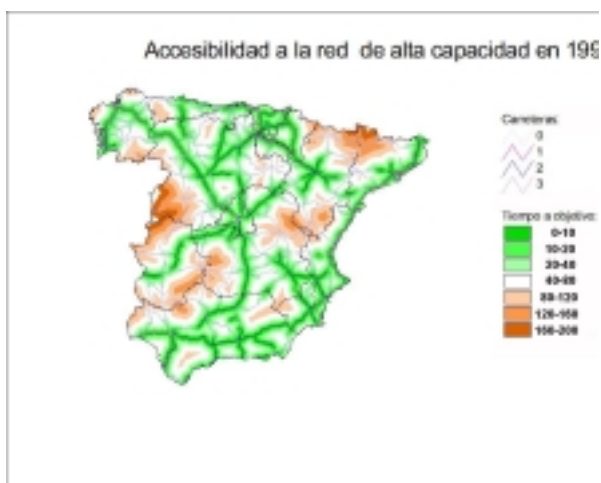


Gráfico 56



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 5 se muestra la distribución del territorio desde el punto de vista de su accesibilidad relativa expresada en desviaciones típicas respecto a la media. En él se observa de manera aún más clara la buena accesibilidad de que gozaban ya las provincias de Madrid, Guipúzcoa, Vizcaya, Álava, Tarragona, Granada, Murcia y Alicante. En el extremo opuesto, destacaba la mala situación relativa de Salamanca, Huesca, Lérida y Teruel.

El Plan Director de Infraestructuras de 1993 mejoró la accesibilidad del territorio español a la red de carreteras de gran capacidad, aunque no de manera radical, probablemente debido a que el plan anterior había sido muy ambicioso (gráfico

6). El nuevo plan coincidió con un período de ajuste fiscal para posibilitar la incorporación de España a la Europa del euro. Su efecto más notorio fue eliminar prácticamente aquellos territorios que se encontraban a más de dos horas de la red de gran capacidad, aún cuando seguían encontrándose a una distancia apreciable. También extendió de forma significativa la proporción del espacio que pasó a encontrarse a tan sólo 20 minutos de la red de gran capacidad. A cambio de ello, el acceso a ésta de los municipios más cercanos no mejoró de forma importante, lo que por otra parte resulta lógico si se tiene en cuenta que era ya muy bueno. En definitiva, esto significa que la situación relativa de los municipios con peor accesibilidad mejoró, y en ese sentido parece indudable que el Plan de 1993 tuvo un componente distributivo importante.

Probablemente ello supuso sacrificar oportunidades de crecimiento, pues si la mejora en los accesos se hubiese producido en las zonas más ricas y competitivas, el efecto sobre el PIB podría haber sido mayor. Este es un coste frecuente de los planes de infraestructuras españoles (De la Fuente, 2002).

La realización de las infraestructuras del Plan de 1993 permitieron integrar nuevas áreas dentro de las zonas con accesibilidad superior a la media, especialmente en las comunidades autónomas de Galicia, Castilla-León y Castilla-La Mancha (gráfico 8).

Gráfico 6

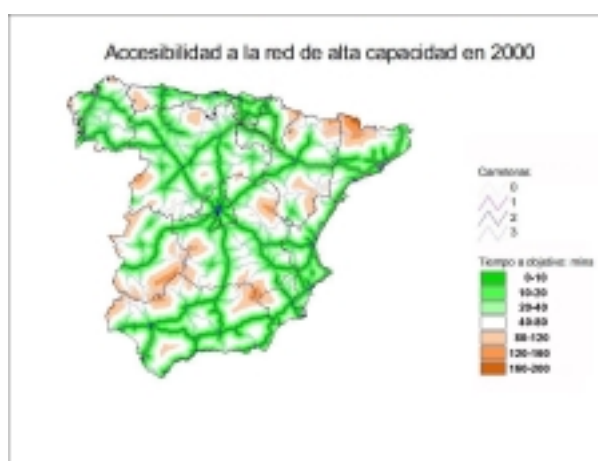


Gráfico 7



Fuente: Elaboración propia

El Plan de Infraestructuras de 1993 fue menos relevante desde la perspectiva de conectar los diferentes puntos del territorio con los grandes municipios, que aquí tomamos como referencia de centros de actividad y crecimiento. Los gráficos 8 y

9 son bien expresivos a este respecto. Como en 1991, en el año 2000 seguía existiendo una amplia zona del territorio español alejada en más de dos horas de los núcleos de mayor actividad económica, lo que, sin embargo, no debe considerarse un obstáculo fundamental para su crecimiento. Se trata de la zona formada por Extremadura, gran parte de Castilla-La Mancha, La parte Este de Castilla-León, Teruel y el sur y centro de Galicia.

En cambio el Plan ha supuesto una mejora apreciable en la conexión con la red de carreteras de gran capacidad europea, como en el apartado siguiente se pondrá de manifiesto tras analizar primero cómo nos encontramos respecto a esa red.

Gráfico 8



Gráfico 9



Fuente: Elaboración propia

Cambios en la accesibilidad a la red viaria europea de alta capacidad

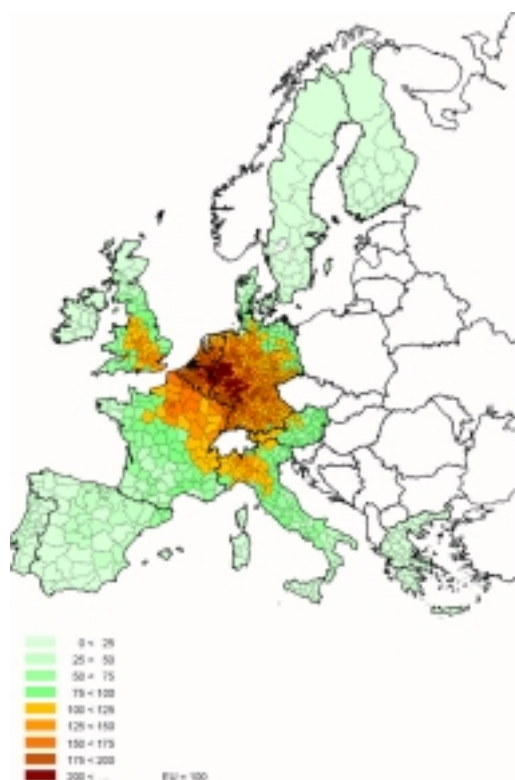
Como diversos estudios han puesto de manifiesto (ver por ejemplo Vickerman, 1991), España tiene una clara desventaja en términos de accesibilidad a Europa que se deriva fundamentalmente de su posición geográfica respecto a los principales núcleos económicos y de población pero también debido a la falta de infraestructuras adecuadas que ayuden a mejorarla, a pesar de los avances que han tenido lugar en los últimos años, que estamos contemplando aquí.

Siguiendo la estimación de Wegener en el año 2000 respecto a la situación relativa de los países europeos en el ámbito de las infraestructuras de carreteras

en 1996, midiendo la accesibilidad al centro de gravedad europeo, es decir a la Europa Central, conformada en torno a Alemania (gráfico 10), España se encontraba en su conjunto a un nivel relativamente bajo. Sólo el centro de la Península, el País Vasco, el Levante y la zona fronteriza con Francia alcanzaban niveles entre el 50 y el 75 por ciento de la media europea. El resto del territorio español se encontraba por debajo del 50 por ciento, situándose las áreas que en el apartado anterior hemos caracterizado como peor dotadas en niveles del 25 por ciento.

Gráfico 10

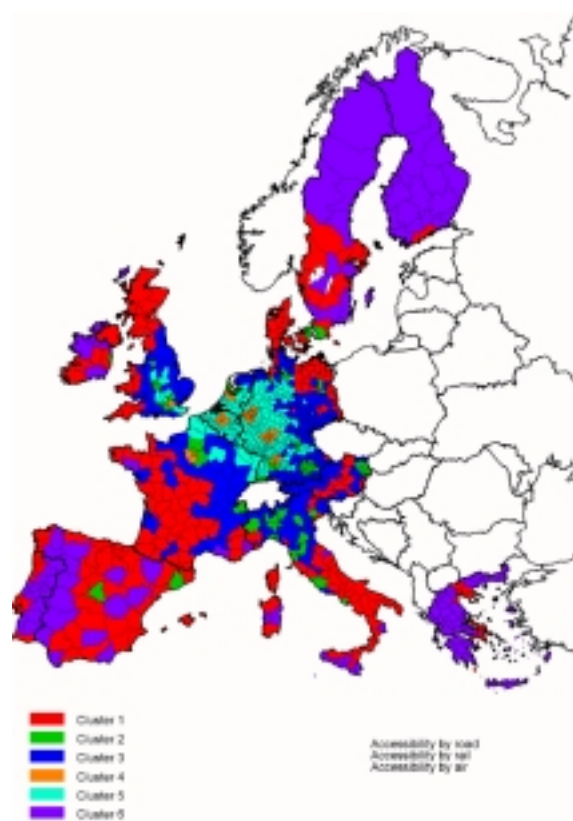
Accesibilidad por carretera al centro de gravedad de la población europea en 1996



Fuente: Wegener et al. (2000).

Gráfico 11

Análisis cluster de la accesibilidad de las regiones europeas



Fuente: ESPON (2000a)

En una análisis de la accesibilidad que incluye otros medios de transporte como el ferrocarril y el avión, la situación de España mejora sensiblemente, situándose la mayor parte del territorio español en niveles de accesibilidad semejantes al del territorio francés, destacando la buena posición relativa de Madrid y Cataluña (gráfico 11). Esto quiere decir que la posición española en carreteras es más desventajosa que en el resto de los medios de transporte, especialmente que en el aéreo, lo que justifica el ambicioso Plan de Infraestructuras que se está

desarrollando en la actualidad en España con el horizonte de finalización en el año 2007.

Si tratamos de acercarnos al análisis de la posición respecto a Europa a través de nuestras estimaciones de accesibilidad alcanzamos el mismo tipo de conclusiones. Pero podemos añadir algo más, tanto con respecto a las mejores vías de acceso a la red europea como con respecto al impacto del Plan Director de Infraestructuras de 1993.

En efecto, el gráfico 12 revela algo que puede parecer sorprendente, como es que, con la forma de cálculo que hemos seguido, la mayor parte del territorio español tiene un mejor acceso por Irún que por La Junquera a la red de carreteras europeas de gran capacidad. Eso ratifica la idea de que el temprano desarrollo de las autopistas a lo largo del Levante español tuvo su justificación en facilitar el acceso del turismo europeo a la costa, más que el de mejorar el acceso del territorio español a Europa. No obstante, téngase en cuenta que el cálculo realizado toma como objetivo el acceso a la red europea, no el alcanzar un determinado territorio dentro del Centro de Europa. Esto es importante, porque sin duda hay muchos lugares de Europa que se alcanzan mejor, y de forma más cómoda (con mejores y más fáciles intersecciones), a través de la Junquera.

Gráfico 12



Gráfico 13



Fuente: Elaboración propia

El efecto de las inversiones realizadas durante los años noventa apenas han modificado la distribución del territorio desde este punto de vista. Los principales cambios se observan en que mientras que la provincia de Málaga y parte de la Cádiz tenían en 1991 un acceso más rápido a Francia por La Junquera en el año

2000 lo es por Irún (gráfico 14). Por otra parte, en lo que respecta al efecto del Plan de Infraestructuras de 1993, hay que señalar que mejoró el acceso del territorio a esta red, de la que forman parte varias carreteras españolas, de manera que prácticamente la mitad noreste de España se encuentra a menos de cuatro horas de viaje de alguno de los dos accesos a la red europea de alta capacidad (ver gráficos 14 y 15).

Gráfico 14



Resumen y conclusiones

En las páginas anteriores se incluye un primer análisis de accesibilidad del territorio español a la red de carreteras de gran capacidad, y de su evolución durante el período 1991-2000, afectado en una gran medida por el Plan Director de Infraestructuras de 1993, pero que recoge aún realizaciones finales del anterior plan, de 1984.

El análisis se ha hecho dividiendo el territorio español en cuadrículas de un kilómetro cuadrado y asignando a cada cuadrícula un coste de cruzarla en términos de tiempo, teniendo en cuenta algunas características básicas de su dotación de infraestructuras de carreteras, básicamente la existencia de barreras naturales o artificiales al tráfico, de carreteras de baja o gran capacidad. Después se ha diseñado un algoritmo que, a través de un GIS alimentado con la información anterior, permite calcular la ruta más corta en términos de tiempo entre cualesquiera dos cuadrículas en las que se ha parcelado el territorio.

A partir de aquí, se han elegido tres destinos u objetivos de referencia para la medida de la accesibilidad: cualquier punto de la red viaria de gran capacidad (el más cercano), los grandes núcleos urbanos, de más de 200.000 habitantes (el más cercano) y cualquier punto de la red europea de gran capacidad (el más cercano), de la que forman parte varias de las carreteras españolas.

Las conclusiones alcanzadas sobre esta base han sido las siguientes:

1. La accesibilidad general del territorio español a la red viaria de gran capacidad es relativamente buena, aunque algunas regiones se encontraban todavía a más de dos horas de acceder a ella en el año 2000. Se trataba de partes de Extremadura, Castilla-La Mancha, Castilla-León Este y Oeste, parte de Aragón.
2. El Plan Director de Infraestructuras de 1993 mejoró de forma sensible la accesibilidad general, reduciendo la proporción del territorio que se encontraba a más de una hora de la red de gran capacidad, y por tanto reduciendo la desigualdad entre las distintas zonas en cuanto a la accesibilidad a ésta.

3. Sin embargo, si se seleccionan como objetivos de acceso centros de alta actividad económica, como los municipios de más de 200.000 habitantes, la accesibilidad del territorio español empeora pues existe un espacio no despreciable formado por las zonas antes citadas más el sur de Galicia que se sitúan a más de dos horas de la población de más de 200.000 habitantes más cercana.
4. Por otra parte, si nos preocupamos por el acceso a la red viaria de gran capacidad europea, la accesibilidad de la mitad sur del territorio español es reducida, aún habiendo mejorado en la década de los años 1990. Esto ofrece una importante justificación para el vigor de la actual política de infraestructuras, y de carreteras de gran capacidad en particular.
5. Finalmente, si nuestra referencia es el centro de Europa, la accesibilidad española por carretera es mala, debido a la periférica posición geográfica española. Los buenos accesos por vía aérea mejoran esta posición, pero es obvio que caben mejoras en las carreteras importantes que también justifican el plan de carreteras actualmente en vigor.

Quedan pendientes muchos aspectos en el trabajo que estamos desarrollando. A grandes rasgos, puede mejorarse el análisis de accesibilidad, incorporando información de la congestión en las carreteras y reduciendo el área de las cuadrículas en que se ha dividido el territorio. Por otra parte, cabe dibujar cual será la situación en el 2007, cuando finalice el actual Plan de Infraestructuras, disponiendo así de una imagen avanzada de las mejoras que se producirán, susceptible de orientar el próximo plan.

Referencias

Baradaran, S. y Ramjerdi, F. (2001) "Performance of Accessibility Measures in Europe" *Journal of Transportation and Statistics*, Volume 4, Numers 2/3 September/december.

BTS, *Special Issue on Methodological Issues in Accessibility: Journal of*

Transportation and Statistics, Vol. 4, No. 2/3, Bureau of Transportation Statistics (www.bts.gov), Sept/Dec 2001.

Deichmann U. 1997b. *Accessibility indicators in GIS*. Naciones Unidas, División de Estadística, Departamento de Análisis Económico y de Políticas, Nueva York.

ESPON (2000a) Study Programme on European Spatial Planning, Working Group 1.1 *Geographical Position* Final Report, Part 1 Prepared by the National Focal Points of Finland, France and Germany

ESPON (2000b) Study Programme on European Spatial Planning, Working Group 1.1 *Geographical Position* Final Report, Part 2 Prepared by the National Focal Points of France, Spain and Italy

Forer, P. 1998. Geometric Approaches to the Nexus of Time, Space, and Microprocess: Implementing a Practical Model for Mundane Socio-Spatial Systems. *Spatial and Temporal Reasoning in Geographic Information Systems*. Edited by M.J. Egenhofer and R.G. Golledge. New York, NY: Oxford University Press. 171-90.

K.T. Geurs, and J.R. Ritsema van Eck, *Accessibility Measures: Review and Applications: Evaluation of Accessibility Impacts of Land-Use Transport Scenarios, and Related Social and Economic Impacts*, Report #408505 006, Rijksinstituut Voor Volksgezondheid en Milieu (National Institute for Public Health and the Environment) (www.rivm.nl), June 2002.

Modelación de la Accesibilidad en ArcView 3. Una extensión para calcular el tiempo de viaje y obtener información sobre captación de mercados por Andrew Farrow y Andy Nelson 2001 Centro Internacional de Agricultura Tropical

Ritsema van Eck, J.R. and T. de Jong(1999), Accessibility analysis and spatial competition effects in the context of GIS-supported service location planning. *Computers, environment and urban systems*, vol. 23, pp. 75-89