

Representación cartográfica de redes viarias e indicadores de accesibilidad para series cronológicas amplias: el caso de la España peninsular 1960-2014

C. López Escolano¹, A. Pueyo Campos¹, R. Postigo Vidal², M.P. Alonso Logroño³

¹ Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza. C. Pedro Cerbuna 12, 50.009 Zaragoza.

² Escuela de Turismo, Universidad de Zaragoza. P. Ecce Homo3, 50.003 Zaragoza.

³ Departament de Geografia i Sociologia, Universitat de Lleida. Pl. Víctor Siurana 1, 25.003 Lleida.

cle@unizar.es, apueyo@unizar.es, rpostigo@unizar.es, p.alonso@geosoc.udl.cat

RESUMEN: En la ordenación y gestión del territorio es importante tener en cuenta el papel que la geografía prospectiva puede aportar para la planificación, con el fin de identificar con mayor precisión los escenarios del pasado, conocer los actuales y prever las situaciones futuras.

En este contexto se plantea este trabajo, modelizando mediante indicadores de accesibilidad la evolución de la red viaria para ofrecer una herramienta útil que sirva para analizar y visualizar los efectos de las infraestructuras de comunicación en la España peninsular. Esta investigación, en la línea desarrollada por el Grupo de Estudios en Ordenación del Territorio (GEOT) desde hace casi tres décadas, ha creado modelos de trabajo que buscan valorar el territorio, no como algo puntual, inconexo y limitado; sino como algo abierto, interconectado y variable para determinar posibles potencialidades, la toma de decisiones y el desarrollo de políticas de reequilibrio territorial.

No obstante, la diversidad de fuentes y fechas hace que el proceso de homogeneización de la red viaria para un periodo amplio (1960-2014) conlleve ciertas dificultades; y por ello se hace necesario generar un modelo de datos adecuado que permita representar cartográficamente la información geográfica de forma comparable entre los diferentes periodos. Se presentan diferentes modos de representación de los indicadores de accesibilidad, comparándolos con distintos modelos al uso, y teniendo en cuenta las ventajas y los problemas de representación que presenta esta variabilidad temporal.

Palabras-clave: red viaria, accesibilidad, prospectiva, cartografía, ordenación del territorio.

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Dentro de las líneas de investigación consolidadas en Geografía como son el estudio de los transportes, de la distribución de la población, o de los cambios de usos del suelo, la representación cartográfica de indicadores de accesibilidad territorial apoya la interpretación y la valoración de muchas de las transformaciones que se producen en el uso y funcionalidad del espacio geográfico.

En este contexto, desde hace casi tres décadas el Grupo de Estudios en Ordenación del Territorio (GEOT) de la Universidad de Zaragoza viene desarrollando modelos de trabajo que consideran el espacio, no como algo puntual, inconexo y limitado; sino como algo abierto, interconectado y variable, en el que determinar posibles potencialidades, la toma de decisiones o el desarrollo de políticas de reequilibrio territorial mediante el empleo de indicadores de accesibilidad territorial a las redes de comunicaciones y transportes (Pueyo et al., 2009).

Este trabajo presenta los avances de este grupo en la representación cartográfica de la red viaria española y de sus indicadores de accesibilidad peninsular, para valorar la evolución del espacio geográfico entre los años 1960 y 2014. Las distintas propuestas de representación que se hacen (Zúñiga, 2009) pueden ayudar a la comprensión y difusión de las lógicas territoriales. Todo ello desde un enfoque flexidimensional (Pueyo et al., 2015) en el que se combina la transversalidad, multiescalaridad y prospectiva en torno a la planificación y la ordenación territorial; como apoyo a la gestión y conocimiento del espacio geográfico (Berdoulay, 2009).

2. SIGNIFICACIÓN DE LOS INDICADORES DE ACCESIBILIDAD EN LOS ESTUDIOS TERRITORIALES

Los estudios sobre las redes de transporte y sus impactos en el espacio geográfico han sido un tema central y constante en la investigación geográfica (Rodríguez et al., 2009; El-Geneidy y Levinson, 2011) y, durante mucho tiempo, la medida y valoración de la accesibilidad han sido centro y ejes de las investigaciones en materia de transportes (Martellato et al., 1998). Todavía son fundamentales en los estudios urbanos y regionales, y son de gran interés para la planificación y gestión de los equipamientos, servicios públicos o comerciales (Páez et al., 2012).

Fundamentalmente, la accesibilidad indica la facilidad con la que se puede acceder a las actividades desde una localización determinada a través de un sistema de transporte (Morris et al., 1979). No obstante, este concepto presenta ciertos aspectos de ambigüedad según las diferentes interpretaciones realizadas por los investigadores (Hägerstrand, 1967; Monzón et al., 2005). Así, Páez et al. (2012) especifican que la accesibilidad, definida como el potencial para conseguir una distribución espacial de las oportunidades, resulta del conjunto de una red de transporte y de la distribución geográfica de las actividades, y es uno de los principales indicadores para valorar el desarrollo territorial.

Otros enfoques tienen en cuenta la valoración de la cercanía de un nodo frente a los demás, entendiéndola como la mínima distancia, coste o tiempo de viaje, y estando en relación con su localización respecto al conjunto de puntos del sistema (Harris, 2001; Bavoux et al., 2005). Para otros, resulta relevante la calidad del trazado o las posibilidades que una persona tiene -desde una determinada posición en el espacio- de poder participar en ciertas actividades, aproximándose al concepto de renta de situación (Mérenne-Schoumaker, 2008; Brocard, 2009). Los investigadores han ido ampliando el concepto de accesibilidad como forma de explicar las interrelaciones entre las actividades humanas, las redes de comunicaciones y los sistemas de transportes (García Palomares, 2000).

Por el contrario, como indica la Comisión Europea (1999), la falta de accesibilidad se identifica como el principal obstáculo para la competitividad de las regiones periféricas y/o menos desarrolladas, y uno de los factores causante de los desequilibrios internos, incluso dentro de otras escalas espaciales como las metropolitanas o intraurbanas.

Estas acepciones se plantean en unas sociedades como la española que, en las últimas décadas, han acercado los espacios de demanda a los puntos de producción u oferta por el fuerte desarrollo y expansión de sus redes de comunicaciones y modos de transporte, (Pueyo et al., 2009). Supone una nueva estructuración del espacio, que se conforma más por redes que por jerarquías, donde el hecho de tener una buena accesibilidad -considerada aquí como la capacidad de conexión a dichas redes- tiene un papel indiscutible para el desarrollo territorial, y para la implantación de servicios y equipamientos a la población (Bavoux et al., 2005; Mérenne-Schoumaker, 2008; Brocard, 2009).

Por consiguiente, en la valoración de la accesibilidad, se ha de integrar información de diferente naturaleza y origen que sea comparable, de manera que se puedan medir los efectos estático y temporal que se generan sobre el territorio. En este sentido, la bibliografía es extensa, con diferentes propuestas de indicadores. Amplias revisiones, evidenciando que no existe una única definición, han sido las realizadas por Bruinsma y Rietveld (1998), Baradaran y Ramjerdi (2001), Geurs y Ritsema van Eck (2001) y Geurs y Wee (2004). Igualmente las aportaciones de Geertman y van Eck (1995) y de van Wee et al. (2001) analizan las múltiples formulaciones y medida de la accesibilidad.

En España son numerosas las investigaciones centradas en el impacto de proyectos e infraestructuras de transporte (Gutiérrez Gallego et al., 2010), si bien resultan más escasos los estudios integrales o multitemporales de la accesibilidad (Holl, 2011). En este sentido, y desde enfoques muy diversos, Delgado y Álvarez (2003) o Serrano Martínez (2001, 2007) han realizado interesantes aportaciones sobre la evolución de la red viaria española. Del mismo modo, pero sobre la accesibilidad ferroviaria, destacan los trabajos de Ortega et al. (2011) o Pueyo et al. (2012).

Tradicionalmente, los periodos de análisis y el grado de desagregación de la información considerados se han centrado en periodos concretos y no en otros más amplios que permitirían explicar de una manera más integral los cambios en accesibilidad territorial. No obstante, se podrían destacar los estudios de Holl (2011) para España y de Gutiérrez y Urbano (1996), Stelder (2014) y ESPON (2011) para el conjunto de Europa.

3. MODELO DE RED VIARIA Y CÁLCULO DE LOS INDICADORES DE ACCESIBILIDAD

Considerando todo lo anterior, se presenta el modelo de trabajo realizado para el estudio de la red viaria

de la España peninsular entre 1960 y 2014, con la homogenización de las bases de información, el diseño del modelo de cálculo de los indicadores de accesibilidad y su representación cartográfica.

3.1. Selección y preparación de la red viaria

Como se ha enunciado en el apartado anterior, las redes de infraestructuras constituyen la base para el cálculo de los indicadores de accesibilidad, ya que una mejora substancial repercute positivamente en estos índices. En el caso español, la rapidez en la construcción una red viaria de alta capacidad y su mallado es muy destacable (Serrano Martínez, 2007), situando a nuestro país en la cabecera de los países europeos en cuanto a kilómetros de autovías y autopistas. No obstante, en lugar de haber mantenido un proceso sostenido y estable, siguiendo una planificación adecuada que atendiera a los intereses reales de la población y la economía, el desarrollo de las redes de transporte ha sido desigual en el tiempo y en el espacio, introduciendo de este modo factores de tensión y disfunciones interterritoriales (Serrano Martínez, 2005).

Por ello, es importante considerar el grado y evolución temporal de las infraestructuras viarias (tabla 1) para plantear el modelo de análisis y representación de los indicadores para un periodo de más de cinco décadas y media, tanto en lo relativo a las tareas de digitalización y homogeneización de la red viaria; como para la representación cartográfica de los resultados. Además, el empleo de fuentes de diverso origen y calidad obligó a buscar soluciones que permitiesen mantener la calidad y nivel de desagregación, y facilitasen la valoración al usuario de los cambios espacio-temporales.

El modelo de indicadores de accesibilidad propuesto considera la totalidad de los municipios de la España peninsular, por lo que fue necesario, a fin de mejorar la precisión y calidad de los resultados frente a otros estudios oficiales (MOPTMA, 1994), preparar una red viaria que conectase la totalidad de las cabeceras municipales para el periodo 1960-2014. De este modo, además de las redes principales del Plan General de Carreteras 1984-1991, y del Plan Estratégico de Infraestructuras de Transporte 2005-2020 –PEIT–, que se diseñaron exclusivamente a la parte estructurante de la Red de Interés General del Estado –RIGE– (MOPTMA, 1994; PEIT, 2005), consideraron otras vías de gran capacidad (autopistas y autovías), del resto de la RIGE, vías autonómicas y carreteras provinciales y locales.

Esto supuso la necesidad de crear una red viaria que comprendiese el periodo 1960-2014 con características de homogeneidad, y generando diferentes escenarios temporales intermedios atendiendo a la disponibilidad e idoneidad de la información existente. Para ello, se recurrió al uso de diferentes fuentes:

- Bases digitales de la red viaria de 1993 proporcionadas por el grupo de investigación GEOT y que se desarrollaron para el Ministerio de Fomento.
- Mapas de carreteras en soporte analógico del Ministerio de Fomento: 1960, 1970, 1985, 1995, 2005, 2011 y 2013; sirviendo como bases para la digitalización y corrección de tramos existentes en cada escenario.
- Red de carreteras digital del Instituto Geográfico Nacional -2007 y 2013- que sirvieron para mejorar los trazados de la red (<http://www.ign.es/ign/layoutIn/actividadesCTintro.do>).
- Apoyo en otras fuentes auxiliares: ortofotos de los servicios cartográficos del IGN y Comunidades Autónomas, *Google Maps*, *Bing*, *Open Street Map*, etc.

Esta pluralidad de bases y cronologías obligaron a una jerarquización y categorización de la red en cuatro niveles que favoreciesen los análisis, los cálculos de los resultados y las valoraciones multitemporales:

- 1^{er} orden: vías de gran capacidad nacionales o autonómicas (compuesta por la red de autopistas y autovías), valorando los puntos nodales de salida o enlace y asignando una velocidad de 120 km/hora.
- 2^o orden: engloba el resto de la RIGE (red primaria y redes autonómicas de primer orden), considerando velocidades de 80 km/hora.
- 3^{er} orden: carreteras de segundo orden comarcales o provinciales, con una velocidad asignada de 70 km/hora.
- 4^o orden: vías locales que permiten el mallado y las conexiones de las rutas primarias. Incluyen todas las que facilitan las conexiones de cabeceras municipales fuera de las redes anteriores. Su introducción en el modelo mejora substancialmente las propuestas y resultados de otros trabajos al crear nuevos circuitos de la red y conectar todos los municipios que antes se encontraban excluidos en los modelos clásicos. Se valoró una velocidad de 60 km/hora considerando las disposiciones de la Dirección General de Tráfico.

Esta propuesta de red viaria extensa y compleja supuso aproximarse a la red real, procurando recrear el

modelo de conectividad existente en la España peninsular -con grandes diferencias en calidad y número de conexiones dependiendo del momento temporal y el espacio geográfico-. Las imágenes con las bases cartográficas analógicas (para las anualidades más antiguas) fueron georreferenciadas mediante el software *ERDAS Imagine 2013*, para mejorar la precisión de la información. Una vez disponibles como imágenes de base, se utilizó el software *SIG ArcMap 10.3* de *ESRI* para la generación de la red viaria (figura 1).

Tabla 1. Características de la red viaria.

Variable	1968	1983	1995	2001	2005	2010	2011	2014
Tramos	16.151	16.769	17.952	18.583	18.903	19.717	19.837	20.104
Longitud tramos (km)	82.543,23	85.042,69	90.207,29	93.534,11	94.906,49	97.274,37	97.604,44	109.173,20
Nodos	258.658	267.002	284.405	292.278	296.332	301.481	302.106	303.193



Figura 1. Red viaria digitalizada, 2014.

3.2. Unidades de representación

Atendiendo a esta metodología de trabajo, el uso de un modelo multiescalar obligó a diseñar unas unidades de representación de los resultados que permitiesen realizar los cambios de escala y los análisis multitemporales. Para ello, desde hace casi tres décadas se ha trabajado con un sistema de malla o grid (vectorial) que permite implementar dicho modelo (Calvo y Pueyo, 1989; Calvo et al., 1993), facilitando el seguimiento continuo y preciso de los resultados de los modelos en el espacio, a la vez que modulables en sus dimensiones y cambios escalares. Este modelo de trabajo coincide con las demandas actuales de algunos institutos nacionales de estadística de la Unión Europea -con el apoyo de Eurostat-, que lanzaron la Grid Club Initiative -actualmente European Forum for Geostatistics (EFGS)- con el objetivo de armonizar estadísticas europeas sobre la base de una malla (Goerlich y Cantarino, 2012; Rabanaque et al., 2014).

En este sentido, la malla vectorial se diseñó con celdas de 5x5 kilómetros de lado, considerando un tamaño adecuado para el planteamiento propuesto (Calvo y Pueyo, 1989). Aunque metodológicamente las escalas nacional y regional pueden ser muy semejantes, suelen variar el grado de desagregación de la información y los objetivos finales de las unidades de referencia. Tomando como referencia las bases de referencia de los estudios de los potenciales de población (Calvo et al., 2008), y previendo la extrapolación de los resultados de los indicadores de accesibilidad a otras líneas de investigación, se trabajó con una malla de 207x174 celdas que cubre toda el área de trabajo. Esta malla minimiza el cálculo de las interpolaciones, y es un sistema de representación que facilita la diferenciación de los niveles de accesibilidad que podrían verse enmascarados con los sistemas de interpolación propios de algunos programas comerciales.

Por otra parte, todas las cabeceras municipales de la zona de estudio se encuentran vinculadas a la red viaria, lo que significó trabajar con 8.041 municipios, el total de los municipios de la España peninsular en 2014, siendo la población la variable que jerarquiza su nivel de importancia. Ciertamente, al asignar toda la variable demográfica a la cabecera municipal se producen ciertos desajustes (en especial en Galicia, Asturias, Cantabria y Euskadi), que son mínimos en los análisis de escala nacional o regional, frente a otras propuestas

que sólo consideraban las cabeceras municipales de más de 100.000 habitantes (MOPTMA, 1994).

3.3. Selección y cálculo de los indicadores de accesibilidad

No obstante, a pesar de partir de una propuesta de trabajo de casi tres décadas (Calvo et al., 2007; Pueyo et al., 2009), se consideró necesario revisar y actualizar el modelo de trabajo, tanto por el crecimiento de la red en las dos últimas décadas, como por la disponibilidad de nuevas herramientas SIG y cartográficas que posibilitaban una mejora en el tratamiento de las bases cartográficas y en el modo de representación.

Para ello, se diseñó un sistema que facilitase la gestión, el tratamiento, los procesos intermedios de cómputo y la valoración de los tiempos medios de los recorridos de la información de las cabeceras, nodos y cruces, como de las interpolaciones finales de los espacios sin disponibilidad de redes de comunicación. Trabajando sobre la malla de 5x5 km (20.246 celdas), los pasos que se siguieron fueron:

- Cálculo de una matriz origen-destino con los tiempos medios de desplazamiento desde cada uno de los 303.193 puntos de interés (cabeceras municipales, nodos y vértices) a todos los demás.
- Vinculación de las celdas de la malla a uno o a varios puntos de interés, teniendo en cuenta la siguientes consideraciones que ayudan a su jerarquización según la importancia del punto o los puntos de interés:

Tabla 2. Tipos de nodos para la red de 2014.

Tipo	Descripción	Número de celdas	% celdas	
I	Cabeceras municipales	6.400	31,61%	
II	Nodos sin población (extremos de vía, cambios y cruces efectivos, enlaces red gran capacidad)	2.011	9,93%	
III	Vértices de un arco que afectan a una celda y que no sean de la red de gran	6.335	31,29%	
IV	Celdas sin arcos o tramos sin conexión a red de gran capacidad	A	4891 (menos de 5 km del vértice más próximo)	24,15%
		B	552 (entre 5 y 10 km del vértice más próximo)	2,72%
		C	57 (a más de 10 km del vértice más próximo)	0,28%

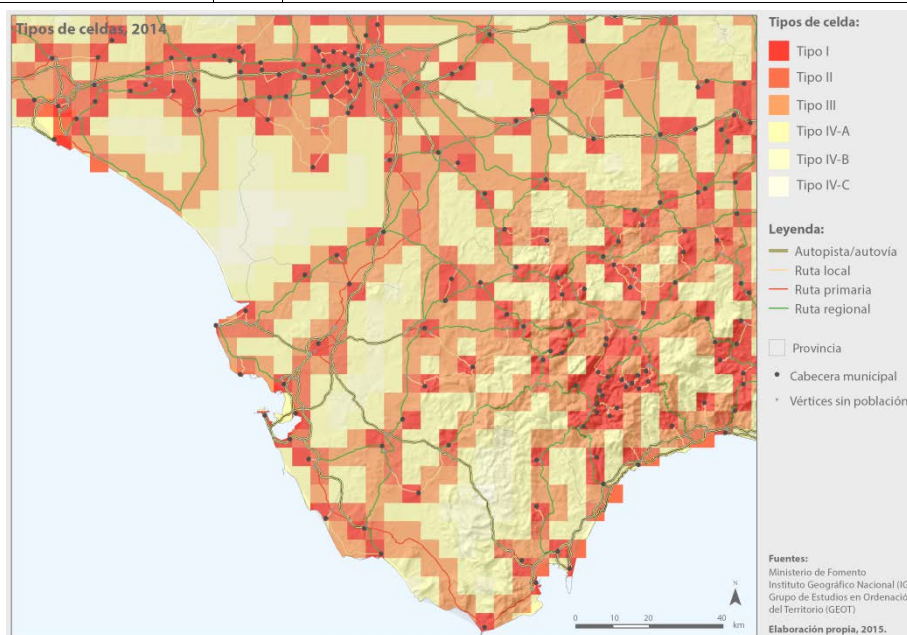


Figura 2. Tipos de celdas, 2014.

- Cálculo de los diferentes indicadores de accesibilidad teniendo en cuenta las celdas de la malla con cada punto de interés, y seleccionando el mejor de los valores para cada uno de los cálculos intermedios. Pese a que en el conjunto del estudio realizado se han calculado hasta cinco indicadores de accesibilidad territorial (Accesibilidad Absoluta Geográfica, Accesibilidad Absoluta Potencial, Accesibilidad según Factor

de Ruta, Factor de Ruta con Población y Potenciales de Población por Carretera) (Monzón de Cáceres, 1988; Calvo et al., 1993).

4. REPRESENTACIÓN DE LOS INDICADORES DE ACCESIBILIDAD

Previa a la cartografía de los resultados, una de las mejoras sustanciales fue la parametrización de los métodos de interpolación, solucionando algunos de los problemas que suponen el uso de los programa al uso, y que muchas veces no tienen en consideración la naturaleza y peculiaridades territoriales de las variables.

Tomando como ejemplo el análisis de la población mediante potenciales de población por carretera, se puede observar que los resultados son menos afinados cuando se realizan los cálculos mediante el método de la distancia inversa ponderada –Inverse Distance Weighting o IDW-. Aunque el software ArcMap permite otras formulaciones como kriging, natural neighbor o spline, habituales para estudios de modelos digitales, climatología o del relieve, y aunque más complejos que el método IDW, no por ello ofrecen unos mejores resultados para la naturaleza de datos a aplicar. El método IDW se apoya en el concepto de continuidad espacial, con valores más semejantes para localizaciones cercanas que se van diferenciando conforme se incrementa la distancia. Uno de los inconvenientes en sus resultados visuales es la creación de los conocidos como bulleeyes, que gradúan los cambios en los valores al tratarse de un método exacto y ajustarse en su localización a los datos. Por el contrario, cuando se aplican al modelo de interpolación siguiendo la jerarquización de nodos y tablas (ver tabla 2), se configuran toda una serie de ejes que no aparecen en el mapa de interpolación de IDW (figura 3), así como los espacios vacíos y sin influencia demográfica (como es el caso del entorno del Parque Nacional de Doñana).

Los indicadores de accesibilidad están muy en relación con el sistema de codificación de las variables visuales según los principios generales de la semiología gráfica (Cauvin et al., 2010; Zúñiga, 2009; Brewer, 2008). De acuerdo con estos presupuestos se diseñó un modelo de trabajo cartográfico del que se presentan algunos ejemplos ilustrativos de los indicadores territoriales de Accesibilidad Potencial (figura 4) y Accesibilidad según Factor de Ruta (figura 5) para 2014, último año de referencia de la serie (1960-2014).

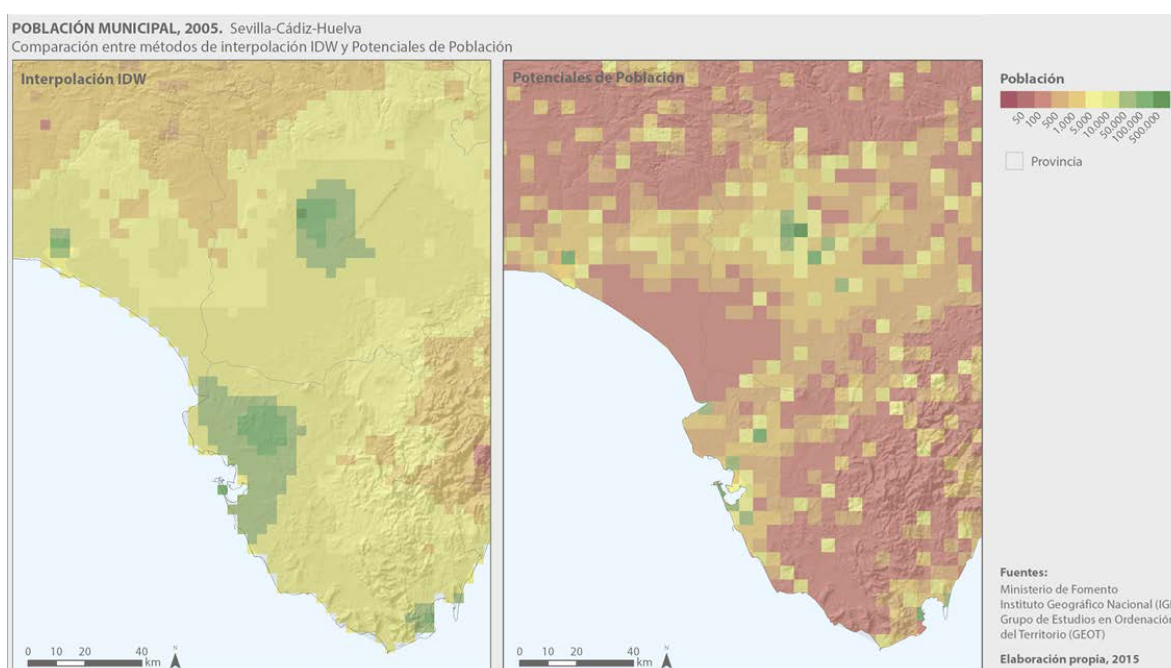


Figura 3. Comparación entre métodos de interpolación. Población municipal, 2005.

En la figura 4 se han representado los valores obtenidos del índice sintético de accesibilidad, utilizando leyendas divergentes que permitiesen enfatizar los valores intermedios (en este caso la media peninsular para el indicador analizado). A partir del mismo se establecen dos secuencias con una gradación semiótica equivalentes en valor, pero que divergen en el tono (más cálido hacia rojo para los valores con peores accesibilidades, más frío para los que obtienen mejores resultados y se consideran más positivos). En la figura 5 también se ha utilizado una leyenda de tipo divergente para la representación del indicador de Accesibilidad según Factor de Ruta, pero se añade un segundo modelo que categoriza los valores del índice sintético según $\frac{1}{4}$ de desviaciones estándar que permitir comparar la situación entre los diferentes territorios dentro de un

momento temporal concreto.

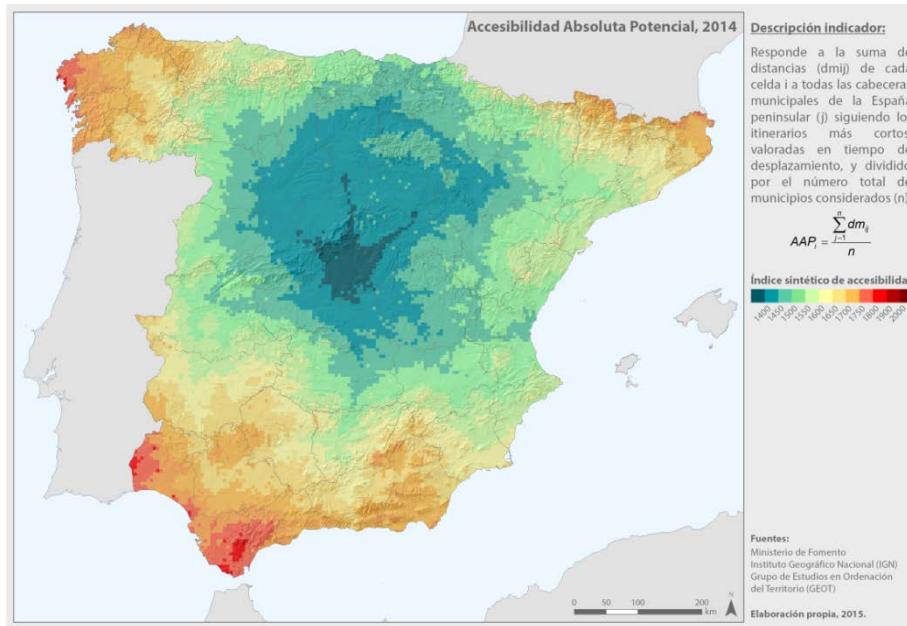


Figura 4. Accesibilidad Absoluta Potencial, 2014.

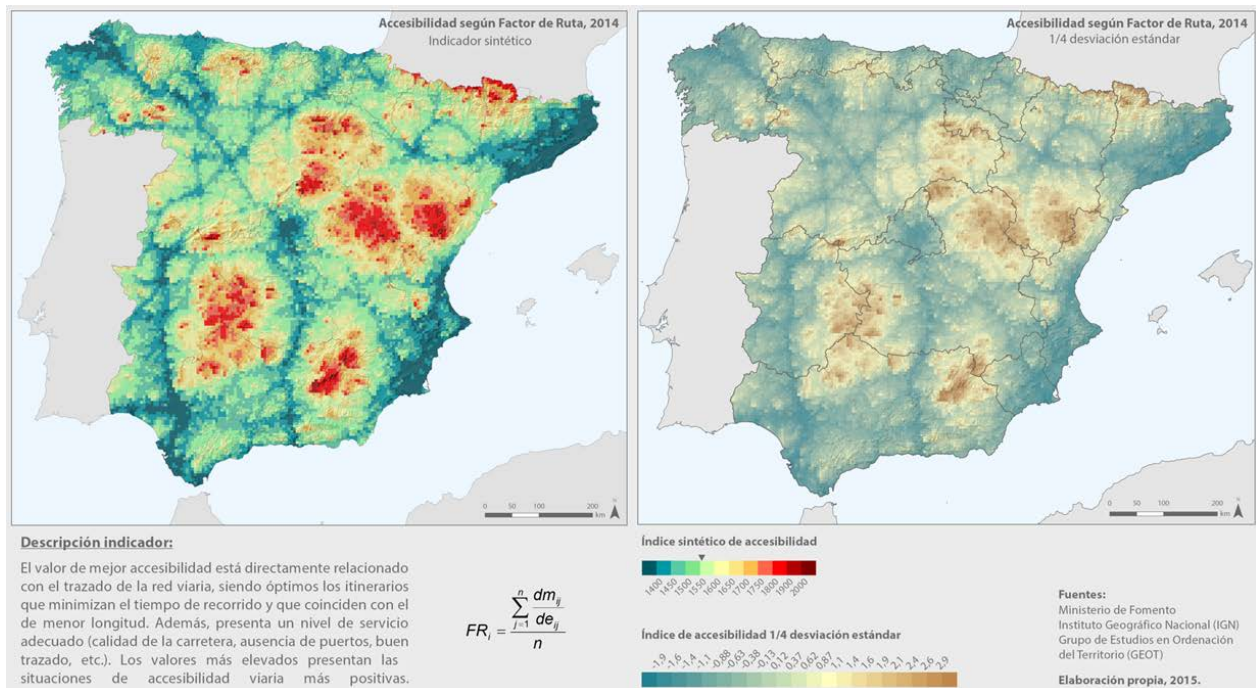


Figura 5. Accesibilidad según Factor de Ruta, 2014.

5. CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

Los indicadores de accesibilidad son el instrumento más habitual para realizar valoraciones de la conectividad territorial. Además de ser una herramienta básica para la planificación espacial y de los transportes, si se integran con los SIG, las herramientas cartográficas y la población facilitan el análisis, valoran el impacto y ayudan a visualizar los efectos vertebradores que supone la mejora de las infraestructuras (Pueyo et al., 2009). No obstante, los resultados muestran también la fuerte implicación entre las redes de comunicación y los núcleos de población, evidenciando los desequilibrios, la segregación espacial centro-periferia y la potenciación de los sistemas de transporte de gran capacidad.

Asimismo, estos indicadores en relación con modelos gravitatorios resultan de interés para la toma de decisiones y la reflexión para la jerarquización de las actuaciones a realizar en materia de infraestructuras

(Barandaran y Ramjerdi, 2001).

Indicar que el grado de desagregación de la información permite trabajar dentro de un modelo multiescalar, flexidimensional y temporal. El tratamiento y la representación de la información propuestos en esta investigación facilitan los estudios tanto desde una visión del conjunto peninsular, como a escala metropolitana e interurbana o comarcal.

En este sentido, la modelización de escenarios futuros, con el cálculo de indicadores y su representación cartográfica puede ser de gran interés para la próxima toma de decisiones en materia de planificación y priorización de las inversiones en infraestructuras. No obstante, no dejan de ser herramientas útiles en la medida que el usuario esté preparado para su interpretación, y no han de ser meramente descriptivas, sino que deben valorarse como instrumentos que ayuden a la toma de decisiones en las políticas de reequilibrio territorial (Calvo et al., 2007).

En cuanto al tipo de representación, como indica Vickerman (1995), con el desarrollo de una red de transporte de orden superior (como la red de gran capacidad), los efectos de la distribución intrarregional son cada vez más acusados en función de las diferencias en el acceso a las nuevas redes. Por ello, estos efectos quedarían ocultos si se utilizan grandes unidades espaciales de análisis, por lo que el trabajo con unidades de tamaño intermedio como el empleado, permite adecuar la valoración de la accesibilidad con un enfoque multiescalar de forma sencilla.

No obstante, se es consciente de que esta metodología supone la extrapolación de los resultados de los espacios urbanos a las áreas rurales colindantes, cuando en realidad muchas de ellas presentan redes de conexión a los sistemas viarios deficientes, lo que resta parte de validez al modelo al interpretar los valores sin el detalle que un estudio de estas características requiere. Para ello, en esta investigación se añadió una red viaria jerarquizada, todas las cabeceras municipales, y un método de interpolación muy restrictivo que ayudase a valorar las diferencias flexidimensionales del espacio geográfico, de forma que no fuese exclusivamente la proximidad física la que otorgase la accesibilidad.

Por último, indicar que si en general un escenario amplio de alternativas puede ser visto como un medio para aumentar la movilidad de la población y de las mercancías, la inexistencia de éstas puede suponer una disminución de las oportunidades si no existen otras alternativas diferentes al uso del transporte privado (Banister, 2011; Preston y Rajé, 2007). No obstante, los nuevos modelos de ocupación, trabajo o las nuevas tecnologías están haciendo repensar las ideas preconcebidas o más clásicas sobre la organización del territorio, por lo que cabe esperar o prever nuevos enfoques prospectivos (Berdoulay, 2009; Pueyo et al., 2015).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha efectuado con el apoyo del proyecto de investigación “Herramientas cartográficas para una gobernanza inteligente en las ciudades digitales: análisis territorial de las condiciones de vida” (CSO2013- 46863-C3-3-R) del Programa Estatal de Investigación, Desarrollo e Innovación Orientada a los Retos de la Sociedad del Ministerio de Economía y Competitividad de España; así como al Departamento de Industria e Innovación del Gobierno de Aragón por la concesión de una beca de investigación pre-doctoral.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Banister, D. (2011): “The trilogy of distance, speed and time”. *Journal of Transport Geography*, 19, 950–959.
- Baradaran, S., Ramjerdi, F. (2001): “Performance of Accessibility Measures in Europe”. *Journal of Transportation and Statistics*, Vol. 4, 2/3, 31-48.
- Bavoux, J.J., Beaucire, F., Chapelon, L., Zembri, P. (2005): *Géographie des transports*. Paris, Coll. U, Armand Colin.
- Berdoulay, V. (2009): “La historia de la Geografía en el desafío de la prospectiva”. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 51, 9-23.
- Brewer, C.A. (2008): *Designed Maps. A sourcebook for GIS users*. Redlands (CA), ESRI Press.
- Brocard, M. (dir.) (2009): *Transports et territoires. Enjeux et débats*. Paris, Ellipses.
- Bruinsma, F., Rietveld, P. (1998): “The accessibility of the European cities: theoretical framework and comparison of approaches”. *Environment and Planning A*, Vol. 30, 3, 499-521.

- Calvo Palacios, J.L., Pueyo Campos, A. (1989): “Mapas coropléticos e isopléticos y cartografía de potenciales de población”. *Geographicalia*, 26, 23-36.
- Calvo Palacios, J.L., Alonso Logroño, M.P., Pueyo Campos, A., Jover Yuste, J.M. (1993): “Matización de los valores cartográficos de accesibilidad por carretera de la España Peninsular en función de la variable demográfica (1992)”. IV Jornadas de la Población Española, 191-200. Universidad de la Laguna.
- Calvo Palacios, J.L., Jover Yuste, J.M., Pueyo Campos, A., Zúñiga Antón, M. (2007): “Análisis comparativo de los modelos gravitatorios euclidianos y con distancias reales”. *Memorias de la XI Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica*. Universidad de Luján, Luján (Argentina).
- Calvo Palacios, J.L., Jover Yuste, J.M., Pueyo Campos, A., Zúñiga Antón, M. (2008): “La réorganisation spatiale de peuplement en Espagne entre 1900 et 2007”. *Sud-Ouest Européen*, 26, 7-41.
- Cauvin, C., Escobar, F., Serradj, A. (2010): *Thematic Cartography and Transformations*. Wiley-ISTE.
- Comisión Europea (1999): “Hacia un desarrollo equilibrado y sostenible del territorio de la UE”, acordada en la reunión informal de Ministros responsables de ordenación del territorio en Potsdam, mayo de 1999.
- Delgado Rodríguez, M.J., Álvarez Ayuso, I. (2003): “Efectos de la red viaria de gran capacidad sobre el desarrollo territorial en España”. *Economía Industrial*, 353, V.
- El-Geneidy, A., Levinson, D. (2011): “Place Rank: Valuing Spatial Interactions”. *Networks and Spatial Economics*, Vol. 11, Issue 4, 643-659.
- ESPON (2011): *TRACC Transport Accessibility at Regional/Local Scale and Patterns in Europe*. Applied Research 2013/1/10, Volume 1. ESPON & Spiekermann & Wegener, Urban and Regional Research.
- García Palomares, J.C. (2000): “La medida de la accesibilidad”. *Revistas del Ministerio de Transporte, Turismo y Comunicaciones (T.T.C.)*, 88, 95-110.
- Geertman, S.C.M., van Eck, J.R.R. (1995): “GIS and models of accessibility potential: an application in planning”. *International Journal of Geographical Information Systems*, 9 (1), 67-80.
- Geurs, K.T., Ritsema van Eck, J.R., (2001): *Accessibility measures: review and applications*. RIVM report 408505 006. Bilthoven, National Institute of Public Health and the Environment.
- Geurs, K.T., van Wee, B. (2004): “Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions”. *Journal of Transport Geography*, 12, 127-140.
- Goerlich Gisbert, F.J., Cantarino Martí, I. (2012): *Un grid de densidad de población para España*. Fundación BBVA.
- Gutiérrez Gallego, J., Mora Aliseda, C., Gómez Domínguez, E.M., Jaraíz Cabanillas, F.J. (2010): “Accesibilidad de la población a las aglomeraciones urbanas de la península ibérica”. *Finisterra: revista portuguesa de geografía*, Vol. 15, 89, 107-118.
- Gutiérrez, J., Urbano, P. (1996): *Accessibility in the European Union: the impact of the trans-European road network*. *Journal of Transport Geography*, Vol 4, Num. 1, 15-25.
- Hägerstrand, T. (1967): *Innovation diffusion as a spatial process*. Chicago, University of Chicago Press.
- Harris, B. (2001): “Accessibility: concepts and applications”. *Journal of Transportation and Statistics*, 4 (2/3), 15-30.
- Holl, A. (2011): “Mejoras de accesibilidad viaria: un estudio retrospectivo para la España peninsular”. *Papeles de Geografía*, 53-54, 171-183.
- Martellato, D., Nijkamp, P., Reggiani, A. (1995): “Measurement and measures of network accessibility: economic perspectives”. En Button, K. Nijkamp, P., Priemus, H. (eds.) *Transport Networks in Europe: Concepts, Analysis and Policies*. Cheltenham, Edward Elgar, 161-179.
- Mérenne-Schoumaker, E. (2008): *Géographie des transports*. Rennes, Presses Universitaires de Rennes.
- Monzón de Cáceres, A. (1988): “Los indicadores de accesibilidad y la planificación del transporte: Concepto y clasificación”. *Revistas del Ministerio de Transporte, Turismo y Comunicaciones*, 35, 11-18.

- Monzón de Cáceres, A., Gutiérrez Puebla, J., López Suárez, E., Madrigal Díez, E., Gómez Cerdá, G. (2005): "Infraestructuras de transporte terrestre y su influencia en los niveles de accesibilidad de la España peninsular". *Revista del Ministerio de Transporte, Turismo y Comunicaciones*, 103, 97-105.
- MOPTMA (1994): *Plan Director de Infraestructuras 1993-2007*. Madrid, Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, 2ª edición.
- Morris, J.M., Dumble, P.L., Wigan, M.R. (1979): "Accessibility indicators in transport planning". *Transportation Research A*, 13, 91-109.
- Ortega Pérez, E., Mancebo Quintana, S., Otero Pastor, I. (2011): "Road and railway accessibility atlas of Spain". *Journal of Maps*, 7:1, 31-41.
- Páez, A., Scott, D.M., Morency, C. (2012): "Measuring accessibility: positive and normative implementations of various accessibility indicators". *Journal of Transport Geography*, 25, 141-153.
- PEIT (2005): *Plan Estratégico de Infraestructuras y Transportes 2005-2020*. Ministerio de Fomento. Madrid, Centro de Publicaciones.
- Preston, J., Rajé, F. (2007): "Accessibility, mobility and transport-related social exclusion". *Journal of Transport Geography*, 15, 151-160.
- Pueyo, A., Calvo, J.L., Jover, J.M., Zúñiga, M., Jover, J.A. (2009): "Representación cartográfica de la accesibilidad intermodal: la combinación de las redes viaria y de la alta velocidad ferroviaria en España". XII Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica. San José, Costa Rica.
- Pueyo, A., Jover, J.A., Zúñiga, M. (2012): *Accessibility Evaluation of the Transportation Network in Spain during the First Decade of the Twenty-first Century*. En De Ureña J.M. (ed.) *Territorial Implications of High Speed Rail. A Spanish perspective*. Farnham, ASHGATE, 83-103.
- Pueyo, A., Ortiz, J., Elía, J., Zúñiga, M., Sebastián, M., Valdivielso, S. (2015): *Recomposición del modelo de transporte urbano en el área metropolitana de Zaragoza: Respuestas globales a necesidades locales*. Actas VIII Congreso de Geografía de los Servicios. Alicante.
- Rabanaque Hernández, I., Pueyo Campos, C., López Escolano, C., Salinas Solé, C., Arranz López, A., Zúñiga Antón, M., Sebastián López, M. (2014): "Modelos de representación de la información padronal: de la cartografía temática clásica al uso de mallas a gran escala". *Mapping*, 166, 24-30.
- Rodrigue, J.P., Comtois, C., Slack, B. (2009): *The Geography of Transport Systems*. Londres, Routledge.
- Serrano Martínez, J.M. (2001): "Accesibilidad territorial en España: autopistas y autovías". *Papeles de Geografía*, 33, 133-155.
- Serrano Martínez, J.M. (2005): "Convergencia regional y polarización territorial en España. Un devenir complejo". *Boletín Económico de ICE*, 2830, 17-34.
- Serrano Martínez, J. M. (2007): "Hacia una red mallada de vías rápidas de gran capacidad. El nuevo Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte". *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 43, 173-196.
- Stelder, D. (2014): "Regional Accessibility Trends in Europe: Road Infrastructure, 1957-2012". *Regional Studies*, 48, 1-13.
- Van Wee, B., Hagoort, M., Annema, J.A. (2001): *Accessibility measures with competition*. *Journal of Transport Geography*, 9, 199-208.
- Vickerman, R.W. (1995): "The regional impacts of Trans-European networks". *Annals of Regional Science*, 29 (2), 237-254.
- Zúñiga Antón, M., (2009): *Propuesta cartográfica para la representación y análisis de la variable población mediante Sistemas de Información Geográfica: el caso español*. Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza, Zaragoza.