

VALORACIÓN Y REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA ACCESIBILIDAD VIARIA EN LA ESPAÑA PENINSULAR: 1960-2014

CARLOS LÓPEZ-ESCOLANO¹, ÁNGEL PUEYO CAMPOS¹, RAÚL POSTIGO VIDAL²,
MARÍA PILAR ALONSO LOGROÑO³

¹ Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza. Calle Pedro Cerbuna 12, 50009. Zaragoza, España.

² Escuela de Turismo, Universidad de Zaragoza. Plaza Ecce Homo 3, 50003. Zaragoza, España.

³ Departament de Geografia i Sociologia, Universitat de Lleida. Plaza Víctor Siurana 1, 25003. Lleida, España

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

RESUMEN

En la ordenación del territorio es importante tener en cuenta el papel que la prospectiva tiene para la planificación territorial, identificando los escenarios actuales y pasados, así como previendo los futuros. En este contexto se plantea este trabajo, que ofrece una herramienta para visualizar y analizar los efectos que tiene la red viaria en la España peninsular entre 1960 y 2014. La modelización de la red propuesta conlleva no obstante ciertas dificultades, dado el amplio periodo seleccionado y el uso de diversas fuentes de información. A partir del modelo de red se han generado diferentes indicadores de accesibilidad, comparando el método con otros existentes, y realizando varias propuestas para su representación cartográfica. Ello permite una interpretación multiescalar de los resultados gracias a las unidades de cálculo y representación utilizadas, así como la posibilidad de cruzar la información de accesibilidad con otras de tipo socioterritorial.

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

ASSESSMENT AND CARTOGRAPHIC REPRESENTATION OF ROAD NETWORK ACCESSIBILITY IN SPANISH MAINLAND: 1960-2014

ABSTRACT

A foresight approach is important in territorial management and planning studies in order to identify more precisely past, current and upcoming scenarios. In this context, this work provides a tool to visualize and analyze the effects of road network in mainland Spain for the period 1960-2014. A road network model has been proposed, taking into account some difficulties: a long study period and the use of a variety of information sources. Road network model has been used to

Recibido: 25/05/2016

Aceptada versión definitiva: 26/09/2016

Editor al cargo: Dr. Lluís Pesquer Mayos

[Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International \(CC BY-NC-ND 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

© Los autores
www.geofocus.org

generate different accessibility indicators, comparing the method with other existing and offering various proposals for mapping. Calculation and representation units allow a multi-scalar interpretation of the results as well as the possibility of cross accessibility information with other socio-territorial data.

Keywords: road network, accessibility, cartography, foresight, territorial planning.

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; el análisis de la evolución de la red viaria puede servir como elemento transversal de interpretación de muchas de las transformaciones que se producen en el uso y funcionalidad del territorio. Si este estudio se realiza desde un enfoque prospectivo, la reflexión sobre el modelo territorial puede ser mucho más amplia; sirviendo finalmente como apoyo al conocimiento, gestión y planificación del territorio (Berdoulay, 2009; Fernández, 2011).

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 potencialidades. Por ello, es importante el empleo de indicadores de accesibilidad territorial de las redes de comunicaciones y transportes para la toma de decisiones o el desarrollo de políticas de reequilibrio territorial (Pueyo *et al.*, 2009).

Este trabajo presenta los avances de este grupo en la modelización y representación cartográfica de la red viaria española, y de sus indicadores de accesibilidad peninsular entre los años 1960 y 2014. Los resultados pueden ayudar al análisis, comprensión y difusión de las lógicas territoriales españolas de las décadas desde un enfoque *flexidimensional* (Pueyo *et al.*, 2015), que combina la transversalidad, la multiescalaridad, y la prospectiva en torno a la planificación y a la ordenación del territorio. Para la modelización de la red viaria se ha trabajado con una serie temporal amplia y con diversas de fuentes de información, utilizando unas unidades de cálculo y representación adecuadas que procurasen un detalle suficiente para su interpretación multiescalar.

2. Valoración de la accesibilidad en los estudios territoriales: propuestas de indicadores

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 (Rodrigue *et al.*, 2009; El-Geneidy y Levinson, 2011). 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, considerándola 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 realizadas, entre otros, por Monzón de Cáceres (1988), Bruinsma y Rietveld (1998), García Palomares (2000), Baradaran y Ramjerdi (2001), Geurs y Ritsema van Eck (2001) y Geurs y Wee (2004). Del mismo modo, 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 Puebla *et al.*, 2006; 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) y 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 Gutiérrez y Jaro (1999), 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 para España de Holl (2011), y para el conjunto de Europa de Gutiérrez y Urbano (1996), Stelder (2014), ESPON (2011) y Salas-Olmedo *et al.* (2015).

3. Modelo de red viaria y cálculo de los indicadores de accesibilidad

Considerando los presupuestos enunciados en las revisiones anteriores, se ha desarrollado un modelo de trabajo para el estudio de la red viaria y los efectos de la accesibilidad en la España peninsular entre 1960 y 2014. Para ello, ha sido necesario definir un modelo de homogenización de las bases de información necesario para la preparación de una red comparable, el cálculo de los indicadores de accesibilidad, y su representación, mostrándose varios ejemplos sobre las posibilidades de representación cartográfica de los mismos.

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 sustancial repercute positivamente en estos índices. En el caso español, han sido muy destacables la rapidez en la construcción de la red viaria de alta capacidad y el mallado territorial (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 inter/intraterritoriales (Gutiérrez Puebla *et al.*, 2006; Serrano Martínez, 2005).

Por ello, para analizar un periodo de más de cinco décadas y media es importante considerar el grado y evolución temporal de las infraestructuras viarias (tabla 1), y plantear el modelo de trabajo para el correcto análisis y representación de los indicadores. Esto supone homogeneizar y estandarizar las tareas de digitalización de la red viaria, y la representación cartográfica de los resultados. Además, el empleo de fuentes de diverso origen y calidad ha obligado a buscar soluciones que permitiesen mantener una coherencia y nivel de desagregación que ayuden a valorar con precisión los cambios espacio-temporales.

Tabla 1. Características de la red viaria.

| Variable | 1968 | 1983 | 1995 | 2001 | 2005 | 2010 | 2014 |
|----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| Tramos | 16.151 | 16.769 | 17.952 | 18.583 | 18.903 | 19.717 | 20.104 |
| Longitud tramos (km) | 82.543,2 | 85.042,7 | 90.207,3 | 93.534,1 | 94.906,5 | 97.274,4 | 109.173,2 |
| Nodos | 258.658 | 267.002 | 284.405 | 292.278 | 296.332 | 301.481 | 303.193 |

El modelo de indicadores de accesibilidad propuesto considera la totalidad de los municipios de la España peninsular frente a otros estudios oficiales que valoran las principales ciudades y la red viaria primaria (MOPTMA, 1994). Para ello, se preparó una red viaria que conectase la totalidad de las cabeceras municipales para el periodo 1960-2014. De este modo, se han considerado todas las infraestructuras construidas desde 1960 incluidas en los diferentes planes: Plan Nacional de Autopistas en 1964; Plan General de Carreteras 1983-1991; Plan de Carreteras 1984-1993; Plan Director de Infraestructuras 1993-2007; Plan de Infraestructuras y Transporte 2000-2007; Plan Estratégico de Infraestructuras de Transporte 2005-2020; y Plan de Infraestructuras, Transporte y Vivienda 2012-2024. Estas actuaciones se han ceñido principalmente a la conversión en vías de gran capacidad de parte de la Red de Interés General del Estado –RIGE- (PEIT, 2005); por lo que se han incluido otras vías de gran capacidad, el resto de la RIGE, vías autonómicas y carreteras provinciales y locales para conseguir la conexión de todos los municipios.

Atendiendo a la disponibilidad e idoneidad de la información existente en el periodo 1960-2014, se elaboró una red viaria que comprendiese y que representase con características de homogeneidad los diferentes escenarios temporales. Para ello, se recurrió al uso de diferentes fuentes:

- Mapas de carreteras en soporte analógico del Ministerio de Fomento: 1960, 1970, 1985, 1995, 2005, 2011 y 2014; sirviendo como bases para la digitalización y corrección de tramos existentes en cada escenario.
- Bases digitales de la red viaria de 1993 proporcionadas por el grupo de investigación GEOT y que se desarrollaron para el antiguo Ministerio de Obras Públicas y Transportes.
- 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 Instituto Geográfico Nacional 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, el cálculo de los resultados y las valoraciones multitemporales. Las velocidades medias para cada segmento de acuerdo a su orden se han establecido de acuerdo a las disposiciones de la Dirección General de Tráfico (tabla 2).

Tabla 2. Orden de vías y velocidad asignada.

| Orden | Tipo vía | Velocidad asignada (km/h) |
|-------|--|---------------------------|
| 1 | Gran capacidad nacionales y autonómicas (autopistas y autovías), valorando los puntos nodales de salida o enlace | 120 |
| 2 | Resto de la RIGE (red primaria y redes autonómicas y provinciales de primer orden) | 80 |
| 3 | Red de segundo orden provincial y comarcal | 70 |
| 4 | Red local, incluyendo todas las que permiten la interconexión de rutas de orden superior y la conexión de todas las cabeceras municipales situadas fuera de las redes de orden mayor | 60 |

López-Escolano C., Pueyo Campos Á., Postigo Vidal R., Alonso Logroño M. P. (2016): “Valoración y representación cartográfica de la accesibilidad viaria en la España peninsular: 1960-2014”, *GeoFocus (Artículos)*, nº 18, p. 169-189. ISSN: 1578-5157

La introducción en el modelo de la red inferior –local u orden 4- mejora 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, evitando infravalorar la conectividad y mejorando la precisión de los modelos de accesibilidad elaborados tradicionalmente. Esta propuesta de red viaria, mucho más 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-. Para mejorar la precisión de la información, las imágenes con las bases cartográficas analógicas (para los periodos más antiguos) fueron georreferenciadas mediante el software *ERDAS Imagine 2013*. Una vez disponibles como imágenes de base, se utilizó el software *SIG ArcMap 10.3* de *ESRI* para la digitalización de la red viaria, y mediante programación en *Visual Basic* y *C* se detectaron los errores de digitalización, asignación de velocidades, cruces o determinación de nodos (figura 1).



Figura 1. Red viaria digitalizada, 2005. Elaboración propia.

3.2. Unidades de representación

Desde hace casi tres décadas se ha trabajado con un sistema de malla o *grid* vectorial (Calvo y Pueyo, 1989; Calvo *et al.*, 1993) para facilitar la integración de otros tipos de información y los análisis multitemporales y multiescalares. 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).

La malla vectorial que se ha aplicado está compuesta por celdas de 5x5 kilómetros de lado, respondiendo a los objetivos y planteamientos propuestos (Calvo y Pueyo, 1989). Aunque metodológicamente las escalas nacional y regional pueden ser muy semejantes, suelen variar en el grado de desagregación de la información y los objetivos finales de las unidades de referencia. Este tipo de malla posibilita los estudios para ambas escalas. Tomando como referencia los resultados de los estudios de los potenciales de población (Calvo *et al.*, 1993, 1997, 2007 y 2008a), y previendo

extrapolar los estudios de accesibilidad a otras líneas de investigación, se trabajó para la España peninsular con una matriz de 207x174 celdas.

Como ya se ha comentado, se vincularon a la red viaria todas las cabeceras municipales de la zona de estudio. Se trabajó con los 8.041 municipios existentes ende los municipios de la España peninsular en 2014, utilizando para jerarquizarlos la población registrada. 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 las 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

A pesar de partir de una propuesta de trabajo avalada por casi tres décadas de estudios (Calvo *et al.*, 2007; Pueyo *et al.*, 2009), se consideró pertinente 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 posibilitan una mejora en el tratamiento de las bases cartográficas y en el modo de representación.

Para ello se han tenido en cuenta los estudios de potenciales de población (Calvo *et al.*, 1993, 1997, 2007 y 2008a) y de tipo gravitatorio (Calvo *et al.*, 2008b). De forma previa a la selección y cálculo de los indicadores de accesibilidad, se ha diseñado un sistema de trabajo sobre la malla de 5x5 km (20.246 celdas) que facilite la gestión y el tratamiento de la información de los puntos de interés realizando los procesos intermedios de cómputo y la valoración de los tiempos medios de los recorrido, así como el modelo de cálculo de las interpolaciones finales de los espacios sin disponibilidad de redes de comunicación. Las etapas seguidas 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 de acuerdo a la velocidad media establecida para cada segmento de la red (sección 3.1, tabla 2). El método utilizado para el cálculo ha sido el algoritmo de Floyd-Warshall (1962), que permite obtener el camino crítico o distancia mínima en tiempo o distancia –en tiempo para este estudio- sin almacenar los itinerarios de conexión y confiriendo al programa rapidez y agilidad en la realización de los cálculos¹.
- Vinculación de las celdas de la malla, a uno o a varios puntos de interés, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones que ayudan a su jerarquización según la importancia de las celdas (tabla 3 y figura 2).

¹ El programa utilizado para la realización de los cálculos ha sido C+. A pesar de la disponibilidad actual de otros softwares que permiten realizar este tipo de cálculos, se ha optado por dar continuidad a los trabajos realizados previamente por el GEOT de la Universidad de Zaragoza utilizando el mismo modelo y programa de cálculo para la explotación de la base de datos de la red viaria, evitando posibles diferencias y discordancias en los resultados respecto a los estudios precedentes (Calvo *et al.*, 1993, 2007 y 2008).

López-Escolano C., Pueyo Campos Á., Postigo Vidal R., Alonso Logroño M. P. (2016): "Valoración y representación cartográfica de la accesibilidad viaria en la España peninsular: 1960-2014", *GeoFocus (Artículos)*, nº 18, p. 169-189. ISSN: 1578-5157

Tabla 3. Tipos de celdas para la red de 2014.

| Tipo | Descripción | Número de 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 capacidad | 6.335 (31,29 %) | |
| IV | Celdas sin arcos o tramos sin conexión a la red de gran capacidad | A (menos de 5 km del vértice más próximo) | 4.891 (24,15 %) |
| | | B (entre 5 y 10 km del vértice más próximo) | 552 (2,72 %) |
| | | C (a más de 10 km del vértice más próximo) | 57 (0,28 %) |

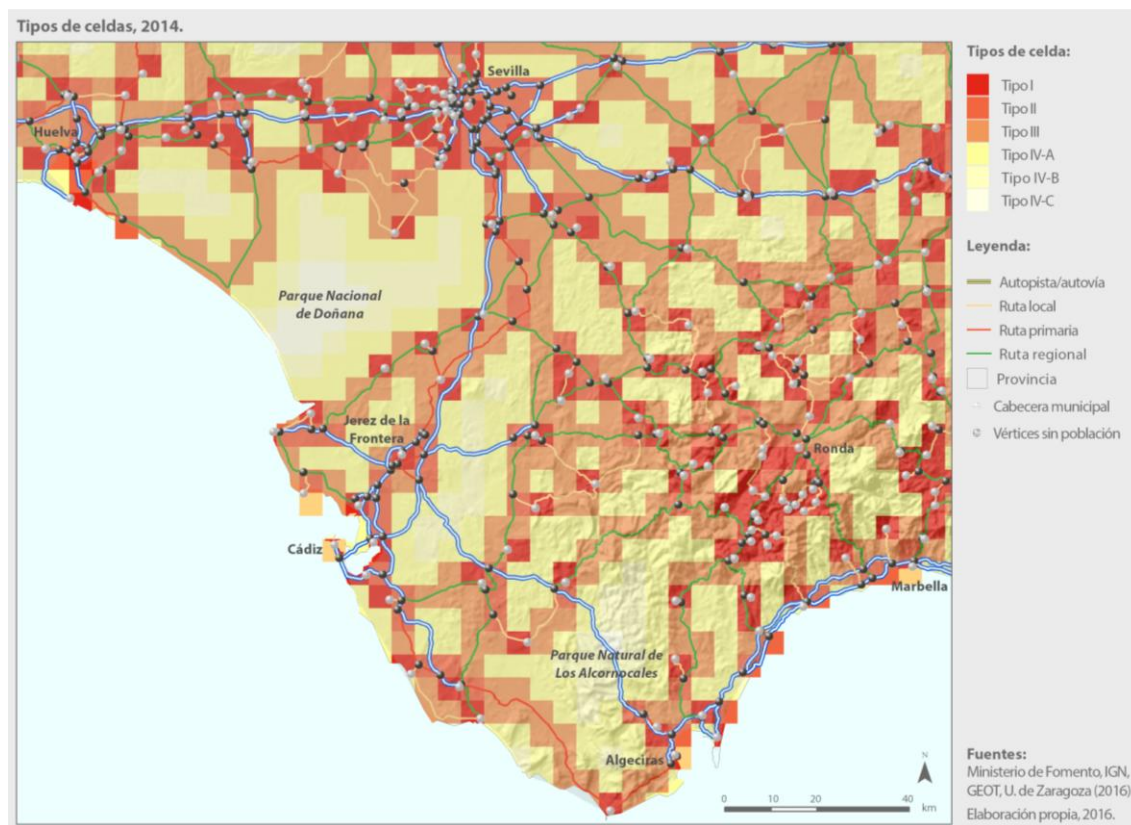


Figura 2. Tipos de celdas, 2014. Suroeste peninsular. Elaboración propia.

- 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. En el conjunto del estudio realizado se calcularon cinco indicadores de

accesibilidad territorial (Monzón de Cáceres, 1988; Calvo *et al.*, 1993): Accesibilidad Absoluta Geográfica, Accesibilidad Absoluta Potencial, Accesibilidad según Factor de Ruta, Factor de Ruta con Población y Potenciales de Población por Carretera; aunque en el presente artículo sólo se presentan los resultados de Accesibilidad Absoluta Potencial y de Factor de Ruta.

- Accesibilidad Absoluta Potencial: la formulación de este indicador responde a la suma de distancias (dm_{ij}) de cada celda (i) a todas las cabeceras municipales de la España peninsular (j) siguiendo para ello los itinerarios más cortos valorados en tiempo de desplazamiento, y dividido por el número total de municipios considerados (n).

$$AAP_i = \frac{\sum_{j=1}^n dm_{ij}}{n}$$

Se trata de un indicador de accesibilidad que presenta una marcada dependencia espacial y, por ello, los nodos mejor centrados en la red son los que tienden a presentar mejores valores de accesibilidad.

- Factor de Ruta: para cuantificar el valor de este indicador (FR_i) de un una celda (i) a todas las cabeceras municipales de la España peninsular (j) es necesario obtener la relación entre el camino con el mínimo tiempo de desplazamiento (dm_{ij}) siguiendo los itinerarios más cortos y valorado en tiempo de desplazamiento, de acuerdo a las ponderaciones para cada tramo de carretera.

$$FR_i = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{dm_{ij}}{de_{ij}}}{n}$$

El cálculo del Factor de Ruta es uno de los indicadores más claros para medir la calidad de conexión que proporciona una determinada infraestructura viaria en distancia y en tiempo. En este caso la mejor accesibilidad está directamente relacionada con el trazado de la red, siendo óptima cuando el itinerario que minimiza el tiempo de recorrido coincide a su vez con el de menor longitud y además presenta un nivel de servicio adecuado (buen trazado, calidad de la carretera, ausencia de puertos, etc.).

4. Representación de los indicadores de accesibilidad

De forma previa a la representación cartográfica de los resultados, una de las mejoras sustanciales que se incorporó fue la parametrización de los métodos de interpolación, solucionando algunos de los problemas que suponen el uso de programas estándar, y que muchas veces no consideran la naturaleza y peculiaridades territoriales de las variables.

Tomando como ejemplo el análisis de la población empleado y que se basa en el método de potenciales de población (Calvo *et al.*, 1993, 1997, 2007, 2008a), se puede observar que los resultados son más afinados que los realizados mediante métodos más difundidos en los SIG.

López-Escolano C., Pueyo Campos Á., Postigo Vidal R., Alonso Logroño M. P. (2016): “Valoración y representación cartográfica de la accesibilidad viaria en la España peninsular: 1960-2014”, *GeoFocus (Artículos)*, nº 18, p. 169-189. ISSN: 1578-5157

Métodos habituales para estudios de modelos digitales, del relieve o climáticos como el *kriging*, *natural neighbor*, *spline* o *IDW –Inverse Distance Weighting–*, no ofrecen unos resultados mejores para la naturaleza de datos a aplicar en este caso. Uno de los más extendidos, el método *IDW* o de distancia inversa ponderada, 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 *bullees*, 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 celdas referida en la sección 3.3 (tabla 3 y figura 2), se configuran toda una serie de ejes que no aparecen en el mapa de interpolación de *IDW* (figura 3), así como la delimitación más exacta de los espacios vacíos y sin influencia demográfica (como es el caso del entorno del Parque Nacional de Doñana o del Parque Natural de los Alcornocales).

Además, se diseñó un modelo de trabajo cartográfico que considerase los principios generales de la semiología gráfica (Bertin, 1967; Cauvin *et al.*, 2010; Brewer, 2008; Zúñiga, 2009) del que se presentan algunos ejemplos ilustrativos de los indicadores de accesibilidad territorial calculados para el conjunto de la serie analizada 1960-2014.

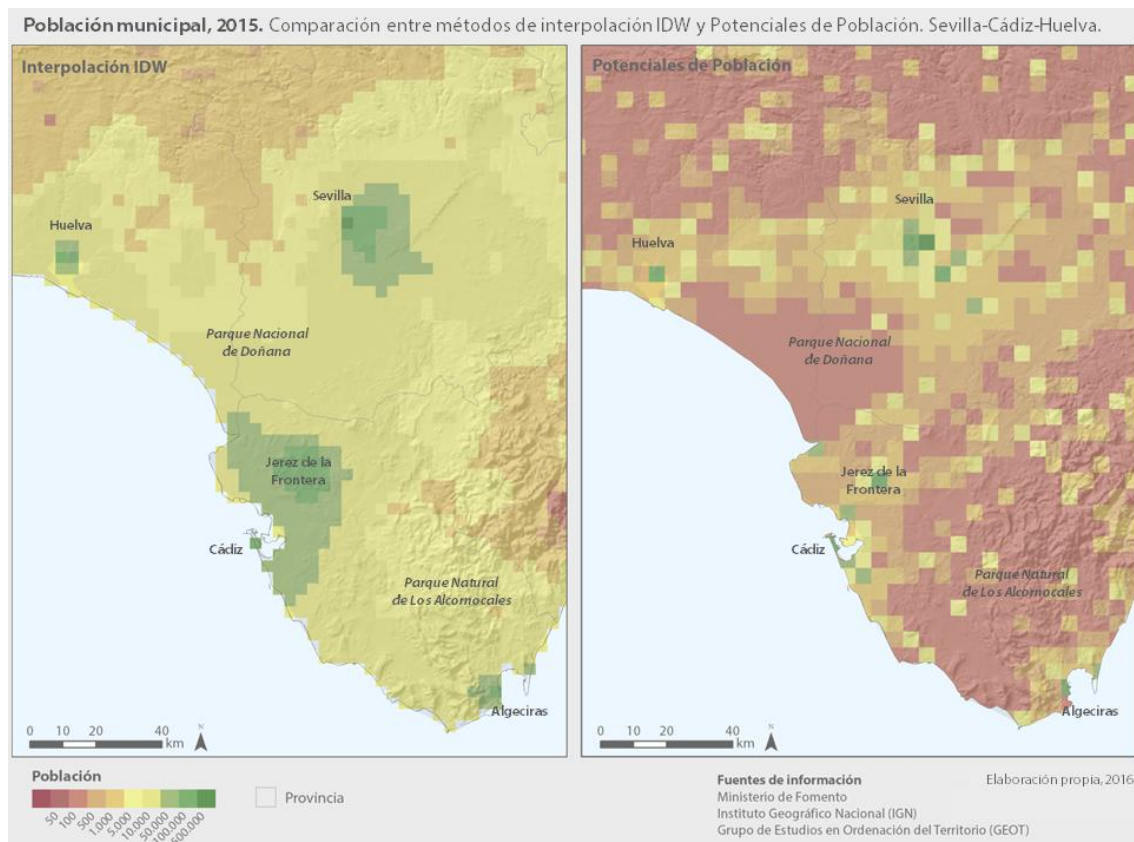


Figura 3. Comparación entre métodos de interpolación. Población municipal, 2005.
Elaboración propia.

Así, en la figura 4 se muestra el resultado para 2014 del indicador de Accesibilidad Absoluta Potencial representando los valores obtenidos del índice sintético de accesibilidad mediante una leyenda divergente que permite enfatizar los valores intermedios (en este caso la media peninsular). A partir del mismo se establecen dos secuencias con una gradación semiótica equivalentes en valor, pero que divergen en el tono (más cálido para los valores con peor accesibilidad, más frío para los que se considerados con buena accesibilidad). Se visualizan los espacios con mejor accesibilidad que, en líneas generales, se corresponden con el sector central y septentrional de la España peninsular. Ello se debe a la mayor densidad de la red en el norte peninsular que en el sur, así como por el mayor número de cabeceras municipales en el centro y norte. Este indicador favorece los nodos centrales del sistema viario conformando ejes que, a modo de pseudópodos, se extienden de acuerdo a las características de la red viaria existente.

En la figura 5 se representa el indicador de Accesibilidad según Factor de Ruta para el año 2014, donde también se ha utilizado una leyenda de tipo divergente para su representación. Además, se añade un segundo modelo de representación que categoriza los mismos valores del índice sintético según 1/2 desviación estándar. Consecuentemente, se puede comparar la situación entre los diferentes espacios para un momento temporal concreto. Conforme menor es el valor del indicador, mejor es el trazado y la calidad de comunicación entre los nodos y, por tanto, el valor de accesibilidad. Los resultados cartográficos de este indicador difieren bastante de los obtenidos en el de Accesibilidad Absoluta Potencial, confiriendo un mayor peso a las características de la red que afectan a los nodos frente a la posición geográfica del anterior.

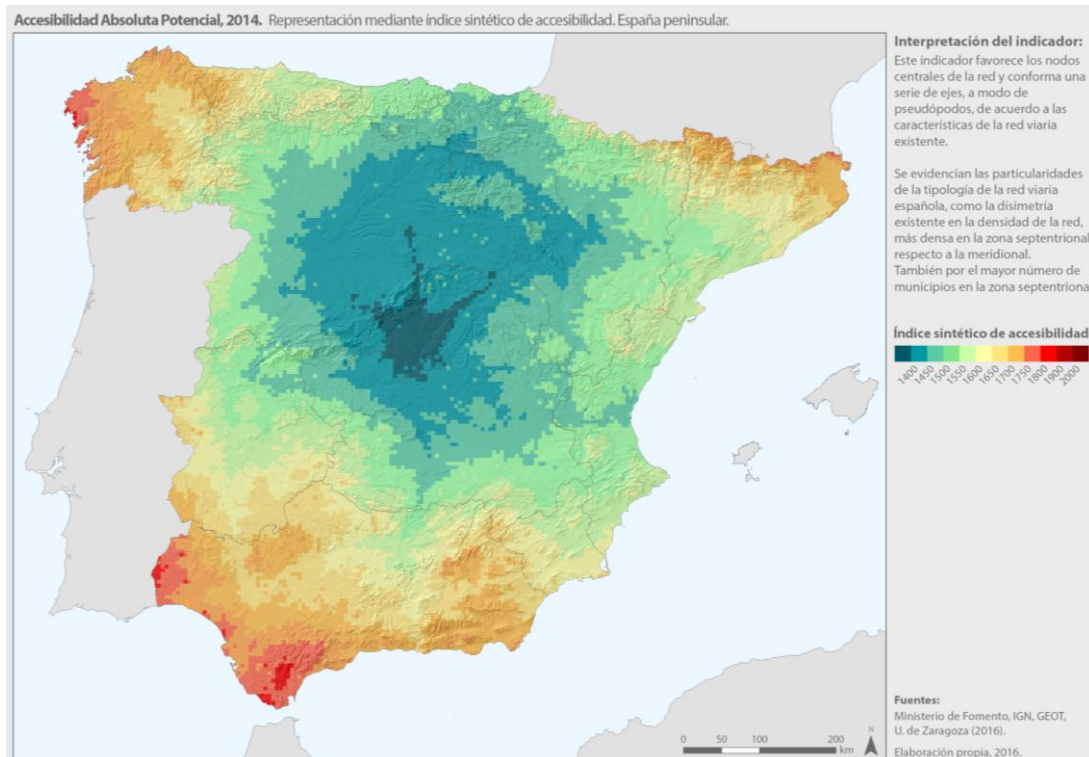


Figura 4. Accesibilidad Absoluta Potencial, 2014. Elaboración propia.

López-Escolano C., Pueyo Campos Á., Postigo Vidal R., Alonso Logroño M. P. (2016): "Valoración y representación cartográfica de la accesibilidad viaria en la España peninsular: 1960-2014", *GeoFocus (Artículos)*, nº 18, p. 169-189. ISSN: 1578-5157

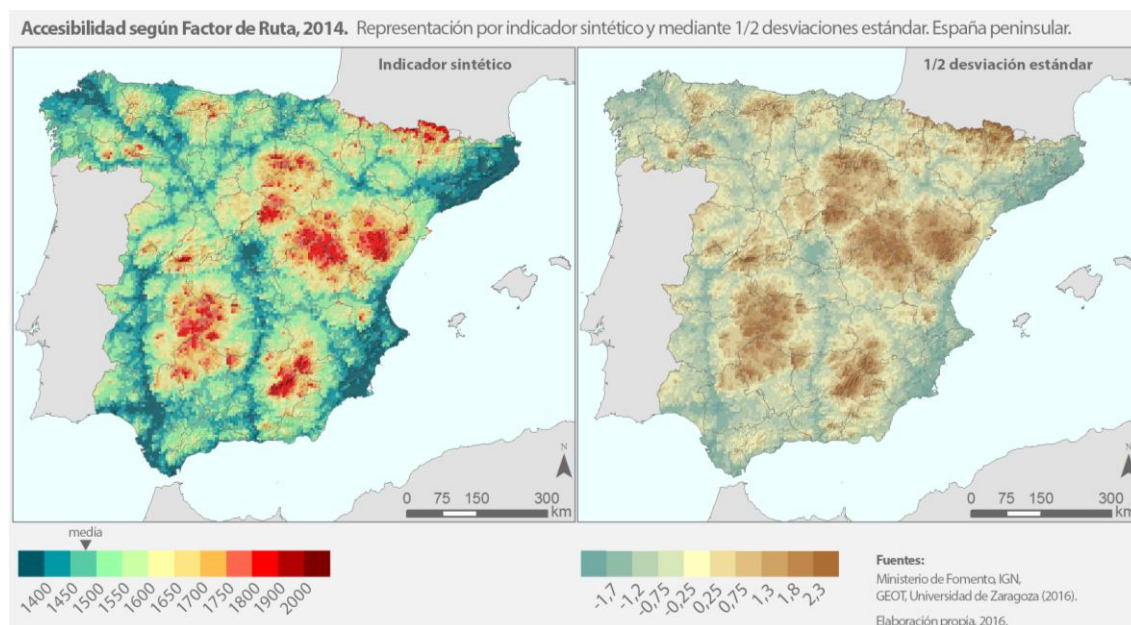


Figura 5. Accesibilidad según Factor de Ruta en índice sintético y $\frac{1}{2}$ desviación estándar, 2014. Elaboración propia.

Finalmente, se presenta una serie compuesta por cinco escenarios temporales (1960, 1983, 1995, 2005 y 2014), con el objetivo de valorar la evolución de la red viaria española durante el periodo de análisis y sus efectos sobre la accesibilidad territorial. La figura 6 muestra estos escenarios representando el indicador de accesibilidad según Factor de Ruta, utilizando para ello una leyenda divergente común para todos ellos del índice sintético de accesibilidad. Sobre la leyenda se ha indicado el valor medio para cada año, observando la mejora constante de este valor con el avance del periodo. El uso de este modelo de representación de leyenda común muestra situaciones territoriales muy contrastadas entre los espacios estructurados por los ejes radiales y las principales rutas transversales y periféricas.

Así, las áreas montañosas muestran, en general y para todos los años de análisis, una situación muy deficiente de accesibilidad. Ello resulta lógico debido a la orografía aunque ha tendido a homogeneizarse. No obstante, los espacios de montaña que peor accesibilidad presentaban ya en la década de los sesenta, continúan con estas deficiencias. En especial, destacan los territorios del Sistema Ibérico, Sistemas Béticos o los Montes de Toledo. Por el contrario, el espacio pirenaico y cantábrico ha mejorado sensiblemente.

Las actuaciones llevadas a cabo durante la década de los ochenta y noventa evidencian, para esos momentos, notables diferencias territoriales. Así, en el escenario para 1983 se observa que el desarrollo más temprano de la red de gran capacidad en el País Vasco, sur de la Comunidad Valenciana, entorno de Madrid, Valle del Ebro y, en especial, Cataluña, mejoran de forma excepcional los índices de accesibilidad respecto al resto del territorio. En la década de los noventa se avanza en el desdoblamiento y mejora de la red radial, lo que permite generar un nuevo esquema de accesibilidad donde mejoran los índices en gran parte del territorio. No obstante, Cataluña, el sur de la Comunidad Valenciana y la Región de Murcia, la Comunidad de Madrid, el País Vasco y el

sureste andaluz siguen estando muy por encima de la media nacional.

Para el año 2005 y, en especial, 2014, se atiende a una mejora integral de la accesibilidad, que además es más homogénea por todo el territorio. La finalización de gran parte de los ejes transversales y periféricos, como la Vía de la Plata, el eje Cantábrico, las autovías y autopistas transversales y de conexión construidas en Castilla-La Mancha y Castilla y León, la autovía Huesca-Lleida, o la mejora de accesos y conexiones internas en Galicia mejoran la accesibilidad de gran parte del territorio. En general, los espacios con conexiones malladas e interconectadas de redes de gran capacidad son los que presentan mejores índices de accesibilidad, frente a las áreas más montañosas e interiores donde no se han desarrollado apenas avances significativos en la finalización de los ejes de gran capacidad. En esta última situación, parte del Pirineo, el interior de Castellón, las provincias de Teruel y Soria, sectores más montañosos de Cuenca y Albacete, el espacio comprendido entre Castilla-La Mancha y Extremadura, y la Sierra de Cazorla entre Andalucía, Castilla-La Mancha y la Región de Murcia.

Finalmente, la figura 7 muestra igualmente el indicador de accesibilidad según Factor de Ruta para el periodo 1960-2014, pero utilizando una categorización de los valores según $\frac{1}{2}$ desviación estándar. La leyenda se representa a partir del valor central para cada anualidad (comprendido entre -0,25 y 0,25), donde los valores positivos indican una mejor accesibilidad frente a los negativos. Categorizar de este modo la información, a diferencia del índice sintético continuo empleado en la figura 6, permite determinar cuáles son los territorios que presentan excelente/media/deficiente accesibilidad teniendo en cuenta únicamente el conjunto de valores de cada año.

López-Escolano C., Pueyo Campos Á., Postigo Vidal R., Alonso Logroño M. P. (2016): "Valoración y representación cartográfica de la accesibilidad viaria en la España peninsular: 1960-2014", *GeoFocus (Artículos)*, nº 18, p. 169-189. ISSN: 1578-5157

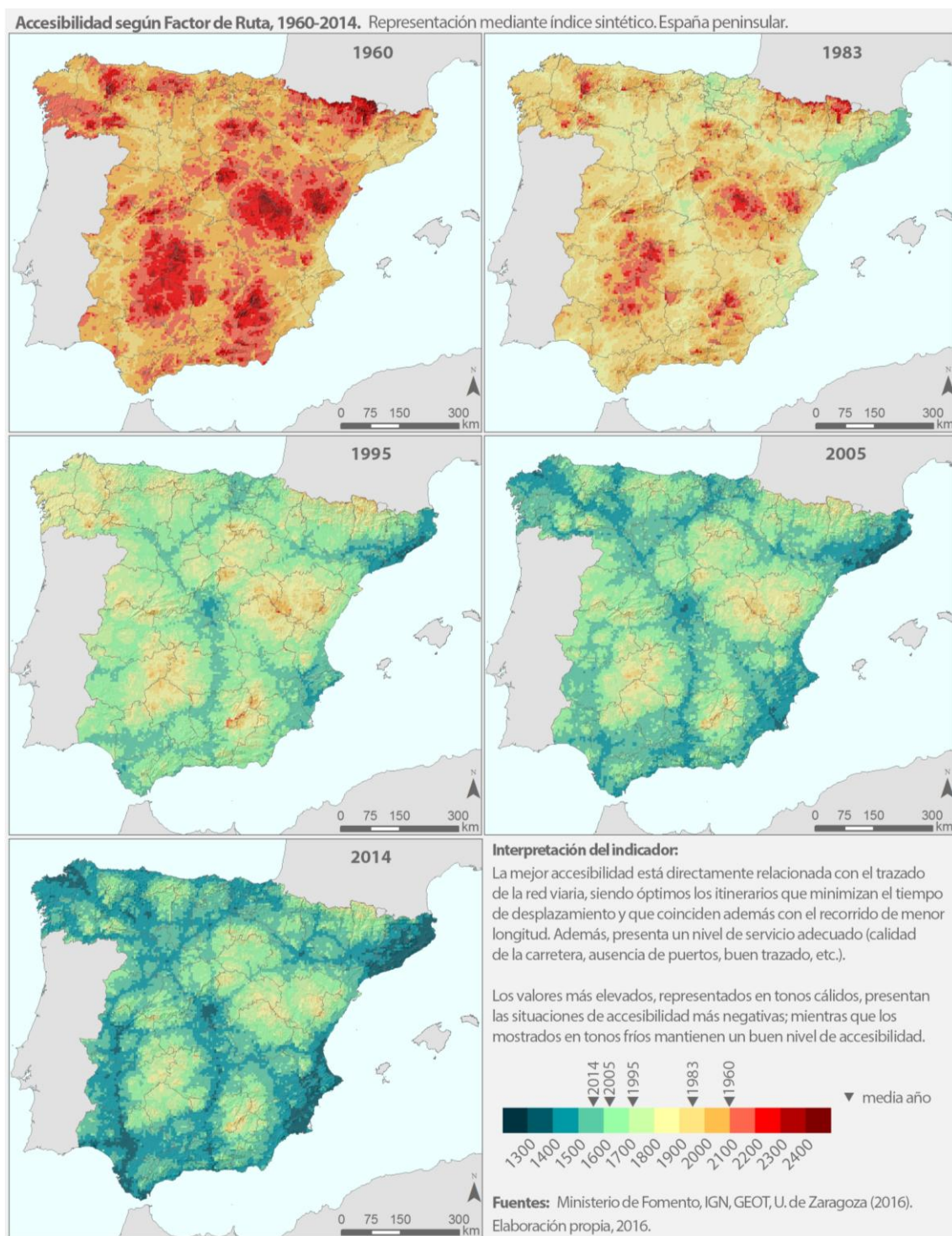


Figura 6. Accesibilidad según Factor de Ruta, 1960-2014. Representación mediante índice sintético. Elaboración propia.

López-Escolano C., Pueyo Campos Á., Postigo Vidal R., Alonso Logroño M. P. (2016): "Valoración y representación cartográfica de la accesibilidad viaria en la España peninsular: 1960-2014", *GeoFocus (Artículos)*, nº 18, p. 169-189. ISSN: 1578-5157

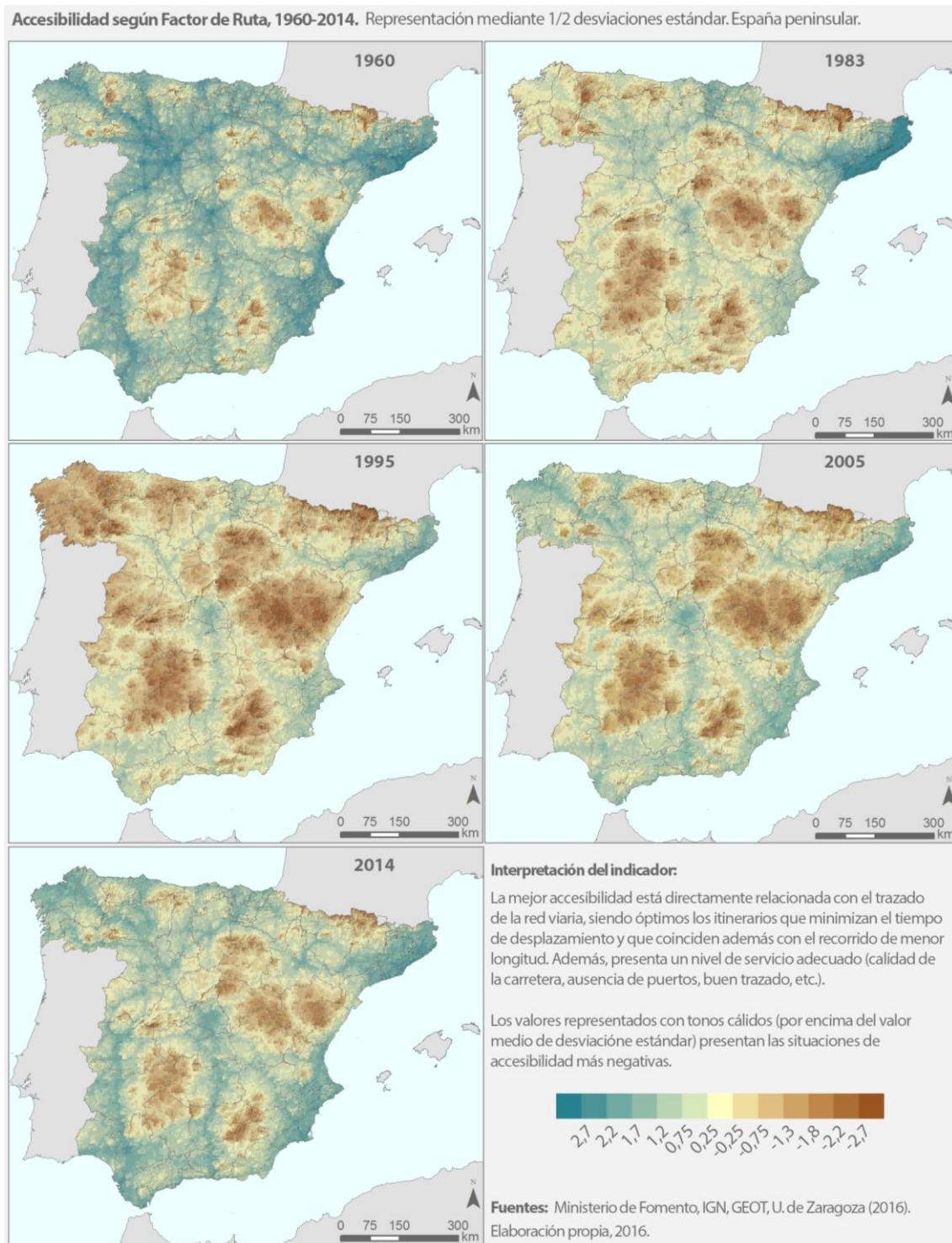


Figura 7. Accesibilidad según Factor de Ruta, 1960-2014. Representación mediante ½ desviaciones estándar. Elaboración propia.

Este modelo permite observar como en 1960 los espacios más llanos (como Castilla y León, Región de Murcia), más próximos a la red principal (RIGE), los entornos de las principales ciudades, y las provincias con mayor densidad viaria (Barcelona, Valencia, Alicante o Madrid) eran los espacios con mejor índice de accesibilidad, contrastando con las áreas montañosas y alejadas de la red principal con deficiente accesibilidad. No obstante, se trataba de un modelo más ecuánime que el de los años posteriores, cuando el desarrollo de la red de gran capacidad enfatizaría importantes diferencias territoriales. Así, las primeras actuaciones en la construcción de autopistas y autovías en Cataluña, y en menor medida en el País Vasco y el entorno de Madrid, muestran unos territorios con excelente accesibilidad frente al resto, como puede apreciarse en la imagen del año 1983 (figura 7).

Esta situación se modificaría progresivamente con la puesta en servicio de tramos de red de gran capacidad en todas las provincias, reconfigurando de nuevo un modelo más homogéneo y equitativo, aunque con la solución todavía pendiente de espacios que requieren la mejora de la red. Estos se corresponden históricamente con los mismos que padecían de deficiente accesibilidad durante todo el periodo analizado, destacando, como ya se ha indicado previamente, las áreas montañosas de interior y en general escasamente pobladas como el Pirineo central, el Sistema Ibérico, Sistema Central, los Montes de Toledo o parte de las Cordilleras Béticas y Cantábrica.

5. Discusión y conclusiones

En este trabajo se ha propuesto un modelo metodológico para la recreación del modelo de red viaria y de valoración de la accesibilidad para la España peninsular para más de cincuenta años (1960-2014). Es importante indicar que el uso de indicadores de accesibilidad es el instrumento más habitual para realizar valoraciones de la conectividad territorial, además de ser una herramienta básica para la planificación espacial o de los transportes. Integrar la red viaria en los SIG, junto a la población y las herramientas cartográficas, facilita el análisis, la valoración y visualización de los efectos vertebradores sobre el territorio que supone la mejora de las infraestructuras (Pueyo *et al.*, 2009).

La valoración de las reconfiguraciones territoriales, derivadas de las redes y de los asentamientos de población durante más de medio siglo, permite espacializar y evaluar los desarrollos, flujos y espacios productivos. En una sociedad en la que el cambio espacio-temporal es cada día más acelerado por la confluencia de las redes físicas y digitales (Pueyo *et al.*, 2015), es esencial contar con estas herramientas e indicadores. Además de ayudar a comprender como se ha configurado el presente, posibilitan a su vez la prospectiva territorial necesaria que anticipe los cambios socioterritoriales del futuro para la correcta y adecuada toma de decisiones en materia de planificación de infraestructuras (Savy, 2015).

No obstante, se es consciente de las limitaciones de la metodología utilizada. Aunque todas las cabeceras municipales de la zona de estudio se incluyen en el análisis y están conectadas a la red viaria, no se incluye el resto de núcleos de población, por lo que no se contempla el cierre completo de la red viaria. Posibles efectos en este sentido han sido considerados por Rodríguez y Gutiérrez (2012) en un estudio en la isla de Mallorca. Una posibilidad sería trabajar con las mallas de un kilómetro cuadrado de la Unión Europea bien para un análisis de la España peninsular o haciéndolo a nivel europeo, y un cambio en los sistemas de cálculo para adaptarlo a un mayor volumen de información y precisión en los resultados y en el modelo de representación, en línea con el trabajo de potenciales de población de Pueyo *et al.* (2016) a escala europea. No obstante, debido a las

dimensiones de la red viaria, al periodo de análisis y a la escala de trabajo, se considera suficiente el modelo de red viaria empleado y los resultados obtenidos.

Otro condicionante es la generalización y 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. Para ello, se ha dado solución mediante la utilización de una red viaria jerarquizada y un método de interpolación restrictivo que ayudasen a valorar las diferencias del espacio geográfico, de forma que no fuese exclusivamente la proximidad física la que otorgase la accesibilidad.

En cuanto al grado de desagregación de la información empleado, puede permitir a su vez trabajar dentro de un modelo multiescalar, *flexidimensional* (Pueyo *et al.*, 2015) y temporal; así como la posibilidad de cruzar la información de accesibilidad con otra de tipo socio-territorial. En cuanto al tipo de representación, según 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 válido para facilitar los estudios tanto desde una visión del conjunto peninsular, como a escala regional, metropolitana e interurbana o comarcal.

Se debe indicar que el empleo de indicadores de accesibilidad en relación con modelos gravitatorios resultan de interés para la reflexión territorial y para la toma de decisiones en torno a la jerarquización de las actuaciones a realizar en materia de infraestructuras (Barandaran y Ramjerdi, 2001). No obstante, los indicadores de accesibilidad 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 gobernanza territorial y a la elaboración de políticas de reequilibrio del territorio (Calvo *et al.*, 2007).

Para concluir, reseñar que la aportación presentada para el conocimiento de la evaluación del modelo de accesibilidad viaria de la España peninsular durante las últimas décadas permite valorar los cambios territoriales que se han dado con el avance y mallado de la red viaria, con especial incidencia, como ya se ha comentado, de la red de gran capacidad. Los resultados aportan la identificación de los espacios que presentan todavía una accesibilidad deficiente, y que por tanto deben ser objetivo prioritario de su mejora. Además, evidencian la fuerte implicación entre las redes de comunicación, las actividades productivas y los núcleos de población, mostrando los desequilibrios, la segregación entre espacios con excelente accesibilidad frente los mal conectados, y la potenciación de los sistemas de transporte de gran capacidad.

Por último, señalar 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 nuevos enfoques prospectivos (Berdoulay, 2009; Pueyo *et al.*, 2015; Savy, 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.

Referencias bibliográficas

- Banister, D. (2011): “The trilogy of distance, speed and time”, *Journal of Transport Geography*, 19, pp. 950–959.
- Baradaran, S., Ramjerdi, F. (2001): “Performance of Accessibility Measures in Europe”, *Journal of Transportation and Statistics*, 4 (2/3), pp. 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, pp. 9-23.
- Bertin, J. (1967): *Sémiologie graphique. Les diagrammes-Les réseaux-Les cartes*. París, Gauthiers-Villars, 432 p.
- 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, pp. 499-521.
- Calvo Palacios, J.L., Pueyo Campos, A. (1989): “Mapas coropléticos e isopléticos y cartografía de potenciales de población”, *Geographicalia*, 26, pp. 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., Cuñat López, J.M., Pueyo Campos, A., Alonso Logroño, M.P. (1997): “Intégration des réseaux d’infrastructures en Espagne et développement régional: Aragon et Valence”, *Revue de l’Économie Méridionale*, 45 (177–8), pp. 151–180.
- 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. (2008a): “La réorganisation spatiale de peuplement en Espagne entre 1900 et 2007”, *Sud-Ouest Européen*, 26, pp. 7-41.

López-Escolano C., Pueyo Campos Á., Postigo Vidal R., Alonso Logroño M. P. (2016): “Valoración y representación cartográfica de la accesibilidad viaria en la España peninsular: 1960-2014”, *GeoFocus (Artículos)*, nº 18, p. 169-189. ISSN: 1578-5157

Calvo Palacios, J.L., Jover Yuste, J.M., Pueyo Campos, A., Zúñiga Antón, M. (2008b): “Les nouveaux bassins de vie de la société espagnole à l’aube du XXIe siècle”, *Sud-Ouest Européen*, 26, pp. 89–110.

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, pp. 25-32.

El-Geneidy, A., Levinson, D. (2011): “Place Rank: Valuing Spatial Interactions”, *Networks and Spatial Economics*, Vol. 11, Issue 4, pp. 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.

Fernández Güell, J.M. (2011): “Recuperación de los estudios del futuro a través de la prospectiva territorial”, *Ciudad y Territorio. Estudios territoriales*, XLIII (167), pp. 11-32.

Floyd, R.W. (1962): “Algorithm 97: Shortest Path”, *Communications of the Association for Computing Machinery*, 5 (6), p. 345. New York.

García Palomares, J.C. (2000): “La medida de la accesibilidad”, *Revistas del Ministerio de Transporte, Turismo y Comunicaciones*, 88, pp. 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), pp. 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, pp. 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, pp. 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, pp. 15-25.

Gutiérrez Puebla, J., Jaro, L. (1999): “Impacto de la nueva línea de alta velocidad Madrid-Barcelona-frontera francesa en la accesibilidad del sistema de ciudades español”, *Estudios de Construcción, Transportes y Comunicaciones*, 85, pp. 51-81.

Gutiérrez Puebla, J., García Palomares, J.C., López, E. (2006): Análisis de los efectos de las infraestructuras de transporte sobre la accesibilidad y la cohesión regional, *Estudios de Construcción y Transportes*, 105, pp. 215-240.

López-Escolano C., Pueyo Campos Á., Postigo Vidal R., Alonso Logroño M. P. (2016): “Valoración y representación cartográfica de la accesibilidad viaria en la España peninsular: 1960-2014”, *GeoFocus (Artículos)*, nº 18, p. 169-189. ISSN: 1578-5157

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), pp. 15-30.

Holl, A. (2011): “Mejoras de accesibilidad viaria: un estudio retrospectivo para la España peninsular”, *Papeles de Geografía*, 53-54, pp. 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, pp. 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, pp. 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, pp. 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, pp. 91–109.

Ortega Pérez, E., Mancebo Quintana, S., Otero Pastor, I. (2011): “Road and railway accessibility atlas of Spain”, *Journal of Maps*, 7:1, pp. 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, pp. 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, pp. 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, pp. 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”, en Espinosa Seguí, A.; Antón Burgos, F.J. (Coor.): *El papel de los servicios*

López-Escolano C., Pueyo Campos Á., Postigo Vidal R., Alonso Logroño M. P. (2016): “Valoración y representación cartográfica de la accesibilidad viaria en la España peninsular: 1960-2014”, *GeoFocus (Artículos)*, nº 18, p. 169-189. ISSN: 1578-5157

en la construcción del territorio: redes y actores. Actas VIII Congreso de Geografía de los Servicios. Alicante. Asociación de Geógrafos Españoles, pp. 525-542.

Pueyo Campos, Á., López Escolano, C., Valdivieso Pardos, S., Jover Galtier, L.C. (2016): “Aportaciones de los mapas de potenciales de población para el análisis de la organización territorial de Europa”, en Domínguez-Mújica, J., Díaz-Hernández, R. (Coor.): *Población y territorio en la encrucijada de las ciencias sociales.* Las Palmas de Gran Canaria. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Servicio de Publicaciones y Difusión Científica, pp. 725.

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, pp. 24-30.

Rodrigue, J.P., Comtois, C., Slack, B. (2009): *The Geography of Transport Systems.* Londres, Routledge.

Rodríguez Núñez, E., Gutiérrez Puebla, J. (2012): “Análisis de vulnerabilidad de las redes de carreteras mediante indicadores de accesibilidad y SIG: Intensidad y polarización de los efectos del cierre de tramos en la red de Mallorca”, *GeoFocus*, 12, pp. 374-394.

Salas-Olmedo, M.H., García, P., Gutiérrez, J. (2015): “Accessibility and transport infrastructure improvement assessment: The role of borders and multilateral resistance”, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 82, pp. 110-129.

Savy, M. (2015): *Nouveaux lieux, nouveaux flux. Les mobilités de l'avenir.* París, Odile Jacob.

Serrano Martínez, J.M. (2001): “Accesibilidad territorial en España: autopistas y autovías”, *Papeles de Geografía*, 33, pp. 133-155.

Serrano Martínez, J.M. (2005): “Convergencia regional y polarización territorial en España. Un devenir complejo”, *Boletín Económico de ICE*, 2830, pp. 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, pp. 173-196.

Stelder, D. (2014): “Regional Accessibility Trends in Europe: Road Infrastructure, 1957–2012”, *Regional Studies*, 48, pp. 1-13.

Van Wee, B., Hagoort, M., Annema, J.A. (2001): “Accessibility measures with competition”, *Journal of Transport Geography*, 9, pp. 199-208.

Vickerman, R.W. (1995): “The regional impacts of Trans-European networks”, *Annals of Regional Science*, 29 (2), pp. 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

