Redes complejas para entender el pasado:

el caso de las carreteras en la España borbónica*

Federico Pablo-Martí°

Ángel Alañón-Pardo

Angel Sánchez

° *Plaza de la Victoria, 3,*

Facultad de CC. Económicas, Empresariales y Turismo

Alcalá de Henares 28802, Madrid (España)

Fax: +34918854201, Telephone: +34918854231, e-mail: federico.pablo@uah.es

VERSIÓN EN ESPAÑOL

POR FAVOR, PARA CITAR UTILICE LA VERSIÓN ORIGINAL EN INGLÉS

Pablo-Martí, F., Alañón-Pardo, Á. & Sánchez, A. Complex networks to understand the past: the case of roads in Bourbon Spain. *Cliometrica* (2020).
https://doi.org/10.1007/s11698-020-00218-x

Resumen

Este trabajo tiene por objeto estudiar, mediante técnicas de SIG y análisis de redes, el desarrollo de la red de carreteras en España durante el período comprendido entre la Guerra de Sucesión y la introducción del ferrocarril (1700-1850). Nuestra investigación se basa en una revisión cartográfica detallada de los mapas realizados durante la Guerra de Sucesión, mejorando en gran medida los estudios preexistentes basados en libros de itinerarios a partir del siglo XVI. Construimos un nuevo y completo mapa de las principales carreteras a principios del siglo XVIII,

* Esta labor ha sido apoyada en parte por el Ministerio de Economía, Innovación y Competitividad (España) mediante las subvenciones PGC2018-098186-B-I00 (BASIC, FEDER/MICINN-AEI), CSO2016-74888-C4-4-R (CITITALENT, AEI/ FEDER, UE) y H2019/HUM-5761 (INNJOBMAD-CM). Agradecemos a Rafael Myro, Javier Callealta, Alfonso Herranz y a los participantes de la IX Reunión de Iberometría sus útiles comentarios. También agradecemos las sugerencias de los evaluadores anónimos, que fueron de gran ayuda para mejorar las versiones anteriores de este manuscrito.

junto con la matriz de los costes de transporte de todas las ciudades importantes que describe la red de comunicaciones. Nuestro estudio de esta compleja red, complementado con un análisis contrafactual realizado mediante un modelo de simulación basado en agentes que utilizan diferentes procesos centralizados de toma de decisiones, nos permite establecer tres resultados principales. En primer lugar, los flujos comerciales existentes a principios del siglo XVIII tenían una estructura radial, por lo que el plan de infraestructuras borbónica sólo consolidó una situación preexistente. En segundo lugar, el desarrollo de la red no supuso alteraciones importantes en la centralidad comparativa de las regiones. Por último, el diseño de la red de carreteras pavimentadas era adecuado para las necesidades económicas del país. Estas conclusiones contrastan fuertemente con las afirmaciones de que la estructura radial de las carreteras borbónicas fue diseñada *ex novo* con objetivos políticos o ideológicos más que económicos. Nuestra metodología allana el camino a subsiguientes estudios de los procesos de diseño de redes a largo plazo con dependencia de la trayectoria, como la clave para comprender el verdadero origen de muchas de las situaciones existentes en la actualidad.

Códigos JEL: C63, C8, N73, R42.

Grupo de Investigación Sistemas Complejos en Ciencias Sociales (SCCS), y Departamento de Economía, Universidad de Alcalá, 28801 Alcalá de Henares, Madrid, España.

Instituto Complutense de Estudios Internacionales, y Departamento de Economía Aplicada, Estructura e Historia, Universidad Complutense de Madrid, 28223 Pozuelo de Alarcón, Madrid, España.

Unidad Mixta Interdisciplinar de Comportamiento y Complejidad Social (UMICCS), UC3M-UV-UZ, y Grupo Interdisciplinar de Sistemas Complejos, Departamento de Matemáticas, Universidad Carlos III de Madrid, 28911 Leganés, Madrid, España.

Instituto de Biocomputación y Física de Sistemas Complejos (BIFI), Universidad de Zaragoza, 50018 Zaragoza, España.

UC3M-Santander Big Data Institute (IBiDat), Universidad Carlos III de Madrid, 28903 Getafe, Madrid, España

1 Introducción

1.1 Contexto general y aplicaciones

Pocos procesos históricos son tan relevantes para entender nuestro presente como el diseño y el desarrollo temporal de las redes de transporte. Dado que se trata de procesos con una fuerte *path dependence* (David 1985), las decisiones que se tomaron hace mucho tiempo siguen afectando directa e intensamente a la sociedad en ámbitos tan diversos como el crecimiento económico (Peters 2003; Calderón y Servén 2004; Faber 2014), la cohesión territorial (Badenoch 2010; Crescenzi y Rodríguez-Pose 2012; Monzón, López y Ortega 2019; Naranjo Gómez 2016), el desarrollo urbano (Weber 2012; Modarres y Dierwechter 2015) o los procesos electorales (Nall 2015, 2018). Por consiguiente, el conocimiento de las motivaciones que motivaron la puesta en marcha de las nuevas infraestructuras de transporte, de los efectos económicos y territoriales que indujeron y de la idoneidad de su diseño son, por tanto, importantes focos de atención no sólo para el análisis académico sino también para el debate social y político. En este ámbito, el desarrollo de las redes de carreteras nacionales es uno de los temas de mayor interés, ya que constituyen la base sobre la que se implementan las demás redes de transporte. Los trabajos sobre la red de autopistas europea (Peters 2003; Badenoch 2010; Crescenzi y Rodríguez Pose 2012), la china (Faber 2014) o la estadounidense (Nall 2015; Modarres y Dierwechter 2015) son claros ejemplos de este interés.

A lo largo de los siglos, las mejoras en la infraestructura de transporte han sido consideradas esencialmente positivas (Ward 1762; Smith 1776), ya que conducen al crecimiento económico y al alivio de la pobreza mediante la reducción de los costos de transporte y la facilitación de la integración del mercado (Calderón y Servén 2004). Sin embargo, los problemas de accesibilidad pueden beneficiar a veces a ciertos territorios económicamente más débiles al proteger a sus productores de la competencia de otras regiones con costos más bajos y mayor variedad de productos (Peters 2003). Para que el desarrollo de nuevas redes de transporte mejore el equilibrio territorial, debe haber sectores capaces de soportar una mayor competencia; de lo contrario, la integración de los mercados puede conducir a una desigualdad autosostenible (Reiner Martin 1999; Asher y Novosad 2016). Por otra parte, el largo tiempo necesario para el desarrollo de las redes de carreteras puede generar efectos diferenciales permanentes en el desarrollo de las regiones, incluso si el diseño final es territorialmente neutro. Durante el período de construcción de la red, los flujos de tráfico se alteran, lo que puede producir variaciones en la ventaja comparativa de las ciudades que pueden llegar a ser permanentes y subsistir después de su conclusión (Berger y Enflo 2017) o incluso después de su desaparición (Bleakley y Lin 2012; Aggarwal 2018).

El caso que nos ocupa en este trabajo, a saber, el diseño y primer desarrollo de la red de carreteras española contemporánea, se inscribe en esta área de investigación, aunque es más antiguo que los casos mencionados anteriormente. Curiosamente, más de dos siglos después de que Carlos III estableciera formalmente las directrices que determinaron su diseño y su estructura actual, sigue siendo objeto de una viva atención social, como lo demuestra el gran número de trabajos académicos recientes, tanto históricos (Rosés, Martínez-Galarraga y Tirado 2010; Martínez-Galarraga 2010; Bel 2011; Martínez-Galarraga 2012; Fernández-de Pinedo Echevarría y Fernández-de Pinedo Fernández 2013; Díez-Minguela, Martínez-Galarraga, y Tirado-Fabregat 2016), como no históricos (Bel 2010; Molinas 2013; Holl 2011; Holl 2012; García-López 2012; Martínez-Galarraga, Rosés y Tirado 2015; García-López, Holl y Viladecans-Marsal 2015; Holl 2016), así como por las abundantes noticias o discusiones políticas que se producen a su alrededor. Sin embargo, el alcance de este documento va mucho más allá del proceso histórico específico que estudiamos: estamos introduciendo una metodología que combina una investigación histórica profunda y exhaustiva, técnicas de geolocalización informática, herramientas analíticas de las redes complejas y modelización basada en agentes, que puede aplicarse a muchos otros procesos. Cada vez es más evidente que se pueden obtener beneficios considerables de la investigación que trata de comprender mejor cómo se pueden aprovechar la historia y el contexto locales para informar sobre el diseño de una mejor política (Nunn 2020). Como veremos más adelante, nuestra metodología puede ser muy útil en ese contexto, proporcionando conocimientos profundos para tareas como la evaluación de si un proceso depende de la trayectoria o no, para la identificación de los efectos y de los desequilibrios de los procesos en múltiples niveles (nacional, regional, municipal), para el estudio de los contrafactuales para asesorar en la elaboración de políticas y, en suma, para proporcionar una imagen fiel del sistema de interés, útil para comprender el pasado y para manejar el futuro.

1.2 Cuestiones de investigación e hipótesis a estudiar

El origen de la actual estructura radial de la red de carreteras española y, en general, de su red de transporte, ha sido objeto de un amplio debate histórico (Tortella 1973; Nadal 1975; Artola, Anes y Tedde 1978; Mateo del Peral 1978; Gómez Mendoza 1982; Comín Comín y otros 1998; Bel 2011) debido a su influencia en el posterior desarrollo económico de España y en sus desequilibrios territoriales, pero la mayor parte de las investigaciones disponibles se refieren al período posterior a 1850. A su vez, la posibilidad de que las decisiones tomadas en los siglos XVIII y XIX sobre el diseño de las redes de transporte hayan generado un bloqueo (Arthur 1989) que ha impedido el posterior desarrollo de redes de transporte más eficientes es en la actualidad un tema de gran relevancia, pero que no ha sido objeto de muchos estudios cuantitativos. Hasta

donde sabemos, los estudios que lo han analizado desde una perspectiva cuantitativa han sido muy limitados y se han centrado en el ferrocarril (Equipo Urbano 1972; Martí-Romero, San José, y Martí-Henneberg 2020). Los trabajos de Carreras y Soto son una excepción importante, pero se refieren principalmente al período romano (Carreras y Soto 2013; de Soto 2019). En su análisis de los caminos del siglo XVIII utilizan como referencia geográfica principal la obra de Escribano (1775), lo que implica una importante restricción en cuanto a la referencia temporal y al posible sesgo geográfico, como ellos mismos reconocen (Carreras Monfort y Soto 2010, p. 13).

Las obras que han proporcionado un enfoque más directo y cuantitativo sobre la red de carreteras del siglo XVIII hacen una evaluación un tanto negativa de la misma (Madrazo Madrazo 1984b; Uriol Salcedo 1992; Martínez-Galarraga 2012). Sin embargo, estas obras se ocupan más de una evaluación de sus resultados que de un análisis detallado de su trazado comparándolo con otros diseños alternativos de la red. De hecho, otros autores aceptaron que había algunas mejoras con respecto a la situación anterior (Herranz-Loncán 2005; Grafe 2012). En este contexto, hay que tener en cuenta que la dependencia de la trayectoria y el consiguiente *lock-in* son fenómenos que se producen en condiciones particulares y son el resultado de mecanismos subyacentes más fundamentales (Vromen 1995). Por lo tanto, es necesario adoptar un enfoque de "trayectoria como proceso", en el que el desarrollo de las redes viales debe entenderse como un proceso continuo de generación y de destrucción de trayectorias óptimas para los agentes que producen una transformación de las estructuras socioeconómicas existentes y de las trayectorias de desarrollo regional (Garud y Karnøe 2001; Ron Martin y Sunley 2006). Esto se ajusta a lo que Bednar, Page y Toole (2012) llaman "dependencia de trayectoria revisada", que es de importancia crucial en la interpretación de las cuestiones políticas y jurídicas, pero también de las decisiones económicas. Esto implica también que las opciones políticas como la construcción de nuevas carreteras deben evaluarse a la luz de las decisiones adoptadas durante el proceso, no sólo del equilibrio final.

Para nuestro trabajo sobre el origen y la evolución de la estructura radial de la red de carreteras española, estas ideas nos llevan a preguntarnos si el diseño de la red era inevitable dadas las características topológicas del territorio, o si fue el resultado de pequeños acontecimientos como las decisiones políticas. Desde nuestro punto de vista, un evento genera dependencia de la trayectoria cuando altera la dinámica preexistente en el sistema, al exceder su capacidad de resiliencia. Esta resiliencia suele ser alta, y los sistemas dinámicos no caóticos muestran una tendencia a mantener y a recuperar su dinámica, pero si las acciones o influencias sobre ella superan ciertos umbrales pueden cambiar su evolución de forma duradera en el tiempo.

En este marco, la red de carreteras puede considerarse como un sistema en el que los enlaces se debilitan continuamente y requieren mantenimiento para seguir funcionando. Las mejoras de los tramos requieren inversiones específicas. Los flujos entre los nodos se derivan de su posición y

tamaño relativos, pero esto, a su vez, se ve afectado por la red. Existe, por lo tanto, una dinámica de desarrollo de los nodos que puede alterarse en función de decisiones como el orden de ejecución de las obras. Se trata de un fenómeno complejo y multiescalar tanto en el tiempo como en el espacio. Desde el punto de vista histórico, el proceso se ve afectado por la visión de permanencia del ser humano, y los acontecimientos que duran más de una generación suelen considerarse permanentes aunque no lo sean. Desde el punto de vista espacial, los acontecimientos que no producen cambios permanentes en el sistema cuando se consideran en su conjunto pueden producir alteraciones muy relevantes a nivel local. Todo ello hace que la consideración de un acontecimiento como dependiente de la trayectoria sea siempre complicada, y requiere una definición precisa del marco de referencia y del dominio espacial que se examina.

Desde la perspectiva resumida anteriormente, en este documento utilizamos datos históricos, técnicas de sistemas de información geográfica (SIG) y análisis de redes para examinar críticamente tres afirmaciones ampliamente discutidas en la literatura pero que están lejos de haberr sido validadas empíricamente.

La primera afirmación es que el cambio dinástico después de la Guerra de Sucesión significó la implementación *ex novo* de un diseño radial de la red de carreteras que reemplazó a una red preexistente menos centralizada. Los trabajos sobre el tema consideran que la estructura radial de la red de comunicaciones española surge hacia 1720 a través del Reglamento General de la Dirección y Gobierno de Correos y Telégrafos de España (Uriol Salcedo 1977; Madrazo Madrazo 1984; Ruiz, Rodríguez y Coronado 2015) o, alternativamente, y centrándose en las carreteras, con el Real Decreto de 1761 para hacer rectos y sólidos los caminos de España y facilitar el comercio entre provincias (de Gregorio - Marqués de Esquilache 1761). Esta estructura radial suele estar vinculada a una visión más centralizada de España motivada por la visión ilustrada de la nueva dinastía (Uriol Salcedo 1985; Shaw 2009; Carreras Monfort y Soto 2010; Bel 2011; García-López, Holl y Viladecans-Marsal 2015; López Ortiz y Melgarejo Moreno 2016). Para analizar esta afirmación con mayor precisión, la hemos dividido en dos hipótesis: H1A: "Los nuevos caminos pavimentados del período pre-ferroviario implican la introducción de un nuevo diseño de red". H1.B: "Los cambios en la red de carreteras están vinculados a la visión de la Ilustración del Estado que vino con la dinastía Borbónica".

La segunda afirmación plantea que las nuevas carreteras generaron cambios significativos en la red de transporte que llevaron a mejorar las comunicaciones de Madrid con la periferia en lugar de activar el crecimiento de las regiones del interior (Ringrose 1972; Anes 1974; Carr 1982; Madrazo Madrazo 1984b). Para verificar esta afirmación, bastante consolidada en la literatura aunque no del todo (Grafe 2012), utilizaremos tres hipótesis: H2.A 'Las carreteras recién pavimentadas produjeron importantes cambios en los patrones de movilidad interregional'; H2.B

'Las mejoras en la accesibilidad resultantes de las carreteras recién pavimentadas se concentraron en unas pocas regiones, principalmente Madrid y las regiones costeras, lo que supuso una desventaja comparativa para las regiones del interior', o, en otras palabras, 'esas inversiones afectaron a las regiones de forma diferente'; H2.C 'Los efectos se produjeron principalmente a nivel de las ciudades, no tanto de las regiones'.

Por último, la tercera afirmación que abordamos es si el diseño de la red es compatible con diversos criterios de eficiencia económica. Más precisamente, consideramos dos hipótesis.En primer lugar, H3.A "la red radial diseñada por los monarcas borbónicos de la segunda mitad del siglo XVIII surge de un proceso de toma de decisiones distribuido en el que se tienen en cuenta todas las poblaciones de la nación de forma no discriminatoria" (Martínez-Galarraga 2012). En segundo lugar, H3.B, "los criterios militares, políticos o administrativos esbozados por diversos autores (Ringrose, Gómez Mendoza, Madrazo, Bel) son compatibles con el de maximizar el tráfico comercial" (Ringrose 1972; Anes 1974; Madrazo 1984b; Gómez Mendoza 2001; Bel 2011).

Nuestra investigación se basa en tres pilares. En primer lugar, realizamos un profundo análisis histórico de la evolución temporal de las comunicaciones terrestres en España, desde mediados del siglo XVI hasta el siglo XVIII. Hastado donde conocemos, nuestro trabajo presenta el estudio más detallado y bien documentado de este proceso hasta la fecha, basado en una búsqueda exhaustiva de mapas e informes relevantes sobre la estructura de la red de carreteras. En segundo lugar, recurrimos a complejas técnicas de análisis de redes, que se están utilizando ampliamente en muchas disciplinas, para cuantificar el efecto de la evolución histórica de la red de carreteras en la estructura de comunicaciones del territorio. Por último, introducimos un modelo basado en agentes que nos permite explorar diferentes contrafactuales para obtener la red que resultaría de diferentes procesos de decisión. Comparamos los procesos centralizados con otras alternativas coordinadas y democráticas que tienen en cuenta la distribución de la población en el territorio, evaluando la relevancia de las decisiones políticamente motivadas sobre la evolución de la red.

2 La red de carreteras de los Borbones y su marco histórico

2.1 Las carreteras españolas a principios del siglo XVIII

En esta sección, presentamos un estudio en profundidad de la evolución histórica de la red de transporte terrestre española. Pretendemos mostrar que la red de carreteras en España surgida tras la Guerra de Sucesión fue la misma desde el comienzo de la Edad Moderna, ya que durante los siglos XVI y XVII las inversiones en infraestructura de transporte se redujeron, y en la mayoría de los casos se limitaron a las tareas de mantenimiento de las carreteras.

Aunque se señala a menudo que la red de carreteras moderna en España tiene sus raíces en las calzadas romanas (Uriol Salcedo 1985; Bel 2011; García-López, Holl, y Viladecans-Marsal 2015) esta afirmación es sólo parcialmente cierta. En la medida en que las condiciones orográficas, es decir, las características físicas del territorio como los ríos y las montañas, se mantuvieron en gran medida inalteradas, ya que los avances en las tecnologías de la construcción no eran todavía demasiado importantes , y que muchos de los grandes centros de población de la época romana seguían siendo relevantes a principios del siglo XVIII, ambas redes muestran importantes similitudes en su funcionalidad ya que dan respuesta a problemas similares y, por lo tanto, muchos de sus enlaces conectan los mismos nodos. Sin embargo, desde una perspectiva técnica, son diferentes, ya que los caminos corren a lo largo de rutas en gran parte no coincidentes. En la mayoría de los casos, las carreteras del siglo XVIII sólo se superponen con antiguas calzadas en las entradas de las ciudades, en los puentes y en los pasos de montaña que aún se conservan de la época romana (cf. Apéndice, Fig. A.I). En cualquier caso, es comúnmente aceptado que la red de carreteras existente a principios del siglo XVIII no estaba estructurada en torno a carreteras o ciudades especialmente importantes, mostrando altas densidades de carreteras en Castilla la Vieja y bajas densidades en el noroeste de la península (Galicia y Asturias) y la parte suroeste de la meseta central. También era una red marcadamente interna, en la que la conectividad con las ciudades costeras era prácticamente inexistente, excepto con Cataluña y con el norte de Valencia. En cuanto a la calidad, era bastante insuficiente, incluso para los estándares de la época (Dirección General de Obras Públicas 1856), lo que dificultaba el uso generalizado de las carretas en el transporte de mercancías (Menéndez Pidal 1951; Madrazo 1984; Uriol Salcedo 2001). En lo que sigue, consideramos críticamente este punto de vista y evaluamos su exactitud y los datos en los que se basa.

Un primer punto que debemos considerar es que las relaciones espaciales entre las ciudades -la topología- de la red de carreteras subyacente es un aspecto crucial para evaluar la idoneidad de las decisiones de inversión en infraestructuras. Sin embargo, la mayoría de los estudios sobre los cambios en la red de transporte relacionados con la llegada de los Borbones no se basan en información cartográfica, sino en libros de itinerarios y en relatos de viajeros (Madrazo 1984; Uriol Salcedo 2001; Bel 2010; Carreras Monfort y Soto 2010) que datan en la mayoría de los casos de dos siglos antes (Villuga 1546; Meneses 1576) o ya a mitad de siglo (Escribano 1758). Un aspecto esencial es que los mapas e itinerarios tienen diferentes propósitos, estando relacionados con el "estado" o con el "proceso" como se explica en (Downs y Stea 1977). En el siglo XVIII, los mapas ofrecían una información mucho más rica y general, pero eran caros y a veces podían dar lugar a confusión si se tergiversaban. Los itinerarios, por otro lado, eran simplemente listas de los pueblos ubicados en los caminos, es decir, tenían una información mucho más limitada pero más clara. Una de sus principales deficiencias era que los itinerarios no

podían conectarse, por muy cercanos que estuvieran, si no tenían ciudades en común; esto podía hacer que los viajeros dieran grandes desvíos. Sin embargo, su fiabilidad y bajos costos de reproducción hicieron que fueran muy utilizados hasta finales del siglo XIX.

Sólo en el ámbito de las comunicaciones postales los mapas han recibido cierta atención (Líter Mamayo 2005; Aranaz del Río 2005), aunque generalmente desde una perspectiva puramente descriptiva. Se acepta ampliamente que estos itinerarios no reflejaban la totalidad de la red, sino sólo una selección de los caminos que eran relevantes para el pequeño público al que iban dirigidos, dada la gran proporción de población analfabeta. Madrazo (1984), por ejemplo, considera que la red real puede haber sido el doble de grande que la notificada. Una comparación adicional con la información proporcionada en las Relaciones Topográficas de Felipe II (Páez de Castro, Morales y López de Velasco 1578) para Toledo y Madrid muestra que falta una multitud de caminos (Alvar Ezquerra 1985; Madrazo 1984). Uriol Salcedo (2001) apoya aún más la idea de que faltan caminos importantes según otras fuentes, como las crónicas de viajeros.

En esta situación, los itinerarios siguen siendo las fuentes más adecuadas para el análisis de la estructura de la red de carreteras en los siglos XVI y XVII, ya que en general eran más precisos que los mapas. Sin embargo, no es el caso del siglo XVIII, en el que ya existían mapas de carreteras detallados como los de Wit (1700), Fer (1704), Valk (1704), Visscher (1704, 1705), van der Aa (1707), Senex (1708), Mortier y Sanson (1708), Allard (1710), Homann y Remshard (1710), Mortier (1710) y Moll y otros (1711). Muchos de estos mapas, de origen francés, inglés y, sobre todo, flamenco, fueron compilados por razones militares durante la Guerra de Sucesión (1701-1714) y preceden por cuatro décadas a la obra inacabada de los jesuitas Carlos Martínez y Claudio de la Vega, encargada por el Marqués de la Ensenada (Martínez, Vega y Ensenada 1743), el primer intento nacional de tener un mapa detallado de los caminos de España. Esta sorprendente falta de atención de los historiadores a la cartografía de principios del siglo XVIII es probable que se deba a tres motivos interrelacionados. Por una parte, era difícil acceder a estos materiales antes de su digitalización y difusión en internet. Por otro lado, fuentes primarias como Sarmiento (1757) los desacreditaron con afirmaciones de que a mediados de siglo todavía no existían mapas generales de España con la precisión cartográfica necesaria para determinar adecuadamente los itinerarios por "aire". Esto equivale a decir que los graves errores hicieron muy difícil definir el esquema general de la red de carreteras, porque las distancias que aparecían entre las ciudades no eran correctas. Por último, también hubo una interpretación inadecuada de fuentes secundarias como Madrazo (1984a) que confunden la falta de mapas generales precisos con la falta de mapas fiables y, en todo caso, de mapas más detallados y completos que los itinerarios. A pesar de estas cuestiones, los mapas de carreteras de principios del siglo XVIII, aunque siguen siendo imprecisos en cuanto a las distancias porque la ubicación de las ciudades y pueblos todavía presentaba cierto

grado de error, reúnen información completa sobre la conectividad de las carreteras entre ellos. Por lo tanto, aplicando estas conexiones a los mapas actuales en los que la ubicación de las ciudades y pueblos es exacta, es posible reconstruir con precisión los antiguos mapas de carreteras.

En la figura 1 se muestran las diferencias entre las dos visiones, es decir, el itinerario frente al mapa, comparando la red que aparece en el itinerario de (Villuga 1546) con la del mapa de (Valk 1704). Este último muestra claramente que, como en el resto de los mapas de la época, la densidad de la red es bastante alta y homogénea en todo el territorio, y que las zonas costeras tienen una adecuada conectividad con el interior, lo que contrasta no sólo con los itinerarios del siglo XVI sino también con los de Escribano de 1758.

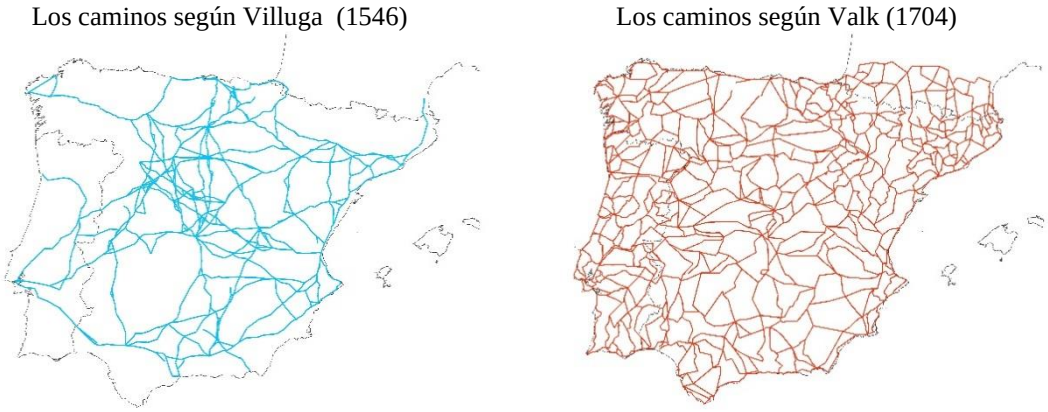


Figura 1 Red de carreteras en España a principios del siglo XVIII.
Izquierda: mapa basado en Villuga (1546) que muestra una red con una densidad muy heterogénea, es decir, con zonas con muchas carreteras y otras zonas en las que apenas existen. Obsérvese la importante falta de comunicación con la costa, lo que implica un cierto grado de desconexión entre la periferia y el centro peninsular.
Derecha: mapa basado en Valk (1704), que muestra una densidad de carreteras bastante homogénea en toda la península ibérica, buenas comunicaciones con la costa, y sin discontinuidades notables en los reinos. Mapas de los autores a partir de las referencias indicadas anteriormente.

Es importante señalar que ninguno de los mapas analizados en este trabajo muestra una categorización de las carreteras, lo que sugiere que no había diferencias significativas en la calidad entre los caminos incluidos. En general, todos eran bastante deficientes y escasamente financiados, tal y como muestra el Informe sobre el estado de las Obras Públicas en España (Dirección General de Obras Públicas, 1856, p. 16):

> *" Los caminos que antes de trascurrir la mitad del siglo anterior existian en España , no eran mas que unas simples veredas, en las cuales se mejoraban algún tanto los pasos difíciles, haciendo en ciertos casos, para salvar los principales rios, trabajos, como puentes y algunas otras obras de bastante consideración. Estos trabajos se ejecutaban unas veces por la munificencia de los reyes, otras con fondos suministrados por los pueblos ó señores que tenian un interés directo en la comunicación , y en el mayor número de casos recurriendo al siste ma de prestación personal. "*

Si observamos el grado de centralidad (definido como el número de conexiones de una ciudad con otras sin pasos intermedios) vemos que los resultados de Madrazo (1984b) para cuarenta ciudades en 1720 basadas en itinerarios de postas (Grimaldo 1720) difieren de los obtenidos a través de mapas (Mortier 1710). Así, en el primer caso, la media es de 1,18, en el segundo es de 3,70. En cuanto al número de ciudades sin conexiones documentadas, el resultado del itinerario es de 52,5% mientras que en el mapa es sólo de 5,0%. Esto significa que la opinión mencionada anteriormente, que afirma que una gran parte del territorio estaba desconectada del resto y que la red era escasa, es muy cuestionable, porque se basa en los itinerarios, lo que implica una información mucho más subjetiva y fragmentada. La imagen que surge de nuestro análisis y, en particular, de la integración de los mapas del tiempo disponible muestra una densa red de carreteras de baja calidad que difiere poco de los mapas de principios del siglo XIX como Quiroga (1811), Langlois, Tofiño de San Miguel y López de Vargas y Machuca (1823), Cabanes y González Salmón (1829) y Thuillier, Barrière y Turgis (1838), aunque, naturalmente, sin los caminos recién pavimentados construidos a partir de la segunda mitad del siglo XVIII.

2.2 Reformas progresivas en las comunicaciones y el transporte

Una vez que Felipe V se consolidó en el poder después de la Guerra de Sucesión, se inició una profunda reforma de los sistemas de comunicación y transporte según las ideas del Siglo de las Luces. Es importante señalar que esta reforma implica dos procesos diferentes, aunque con muchos puntos en común, de acuerdo con el hecho de que la división administrativa fue bastante confusa a lo largo del siglo XVIII. Las reformas en el primer ámbito se centraron en la mejora del sistema postal y el desplazamiento de las élites y tuvieron un marcado carácter legal y organizativo. Por otra parte, un segundo proceso de reforma diferente tenía como objetivo reducir los costos de transporte empleando importantes inversiones en infraestructuras. A continuación se examinan estos dos procesos por separado.

2.2.1 Reforma postal

A principios del siglo XVIII se produjo una profunda transformación en la gestión del sistema postal español, impuesta por las necesidades de comunicación de un imperio todavía de enormes dimensiones en una época de gran precariedad económica. Con este fin, en 1706 Felipe V rescindió el monopolio postal de la familia Vélez de Guevara que, como descendientes de la familia Tassis, lo mantenía desde el siglo XVI. A partir de ese momento, el correo fue gestionado por particulares hasta 1716, cuando se suprimió el cargo de Correo Mayor de España y el servicio postal pasó a ser un servicio público centralizado directamente dependiente de la Corona (Rodríguez González 1983), convirtiéndose en una importante fuente de ingresos para ésta.

España se convirtió así en uno de los países pioneros en la gestión del servicio postal desde el Estado y en un modelo para otros países europeos.

Con el sistema postal totalmente en manos de la Corona, en 1720 Felipe V estableció las bases para su reorganización a través del Reglamento General de la Dirección y Gobierno de Correos y Telégrafos de España. Este documento, además de otras medidas, incluye una lista de caminos de postas de estructura eminentemente radial y con un centro en Madrid que seguía en gran medida los principales caminos de posta “no montada” incluidos en las guías del siglo XVII, cf. Figura 2).

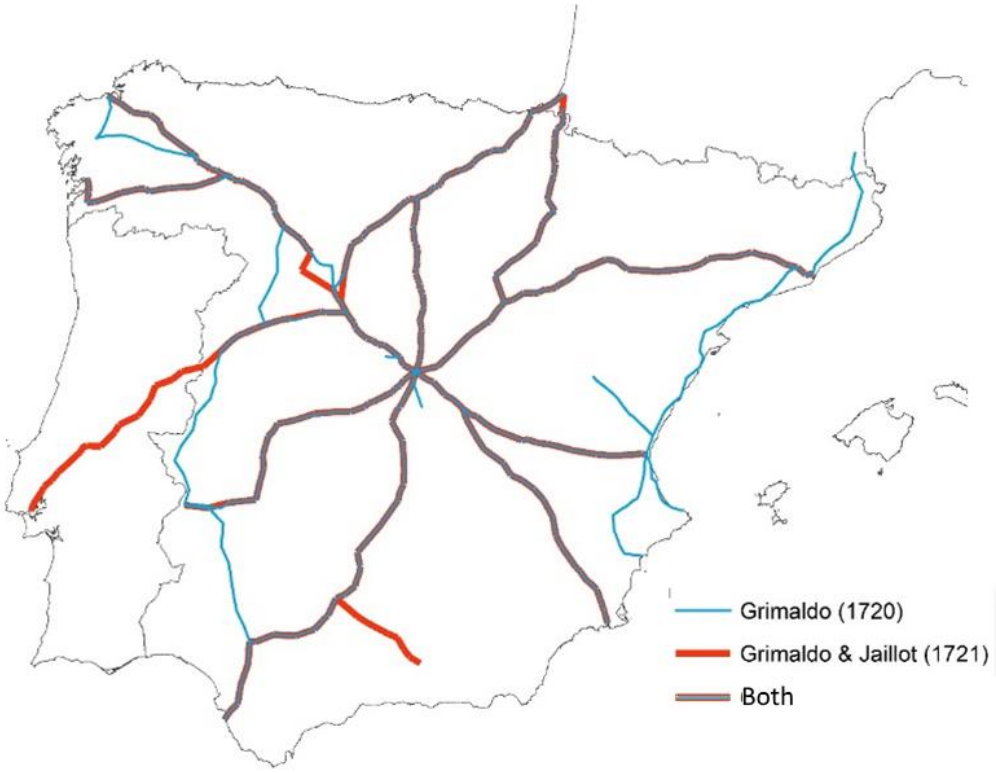


Figura 2 Cambios introducidos en los caminos de postas derivados del reglamento de 1720.

Rojo, caminos de postas preexistentes a este reglamento que desaparecieron posteriormente. Azul, caminos de postas que surgieron después de la regulación. Gris, caminos de postas preexistentes al reglamento que permanecieron en uso después. Mapa de los autores basado en Grimaldo (1720) y en Jaillot y Martínez de Grimaldo (1721).

Esta hipótesis de que la estructura de la red de caminos postales no era un diseño *ex novo*, sino que se basaba en la estructura preexistente, es confirmada por un mapa hecho por Jaillot por encargo del Marqués de Grimaldo (Jaillot y Martínez de Grimaldo 1721) en el que "todos los Caminos y Postas, siguiendo las Memorias de los correos Mayores de Madrid". Aunque la fecha de edición es 1721, la información recogida sobre los portes de las cartas se corresponda con las

vigentes anteriormente, sugiere que se trata de un mapa que recoge la situación de la red de postas previa a la promulgación del reglamento de 1720 (Aranaz del Río 2005) y que fue encargado por el Marqués de Grimaldo para ser utilizado como referencia para su reforma. Con esta salvedad, podemos ahora comparar el mapa de Jaillot-Grimaldo con los itinerarios resultantes del Reglamento. La comparación no muestra un aumento del centralismo, sino, por el contrario, una estructura menos radial con la incorporación de dos importantes ejes norte-sur, uno que sigue la Ruta de la Plata, que discurre cerca y paralela a la frontera con Portugal, y otro que sigue la costa mediterránea entre la frontera francesa y Alicante. La conexión con Portugal a través de Ciudad Rodrigo y el ramal a Granada estaba, sin embargo, excluido. Como referencia, la figura 3 muestra dos mapas de las postas del siglo XVII, obtenidos de los correos italianos, que muestran un trazado muy similar al que surge del Reglamento.

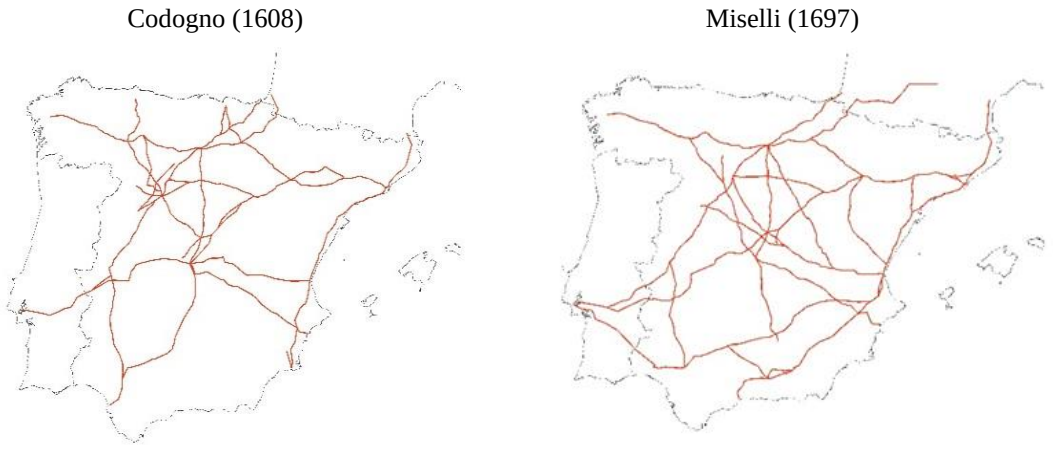


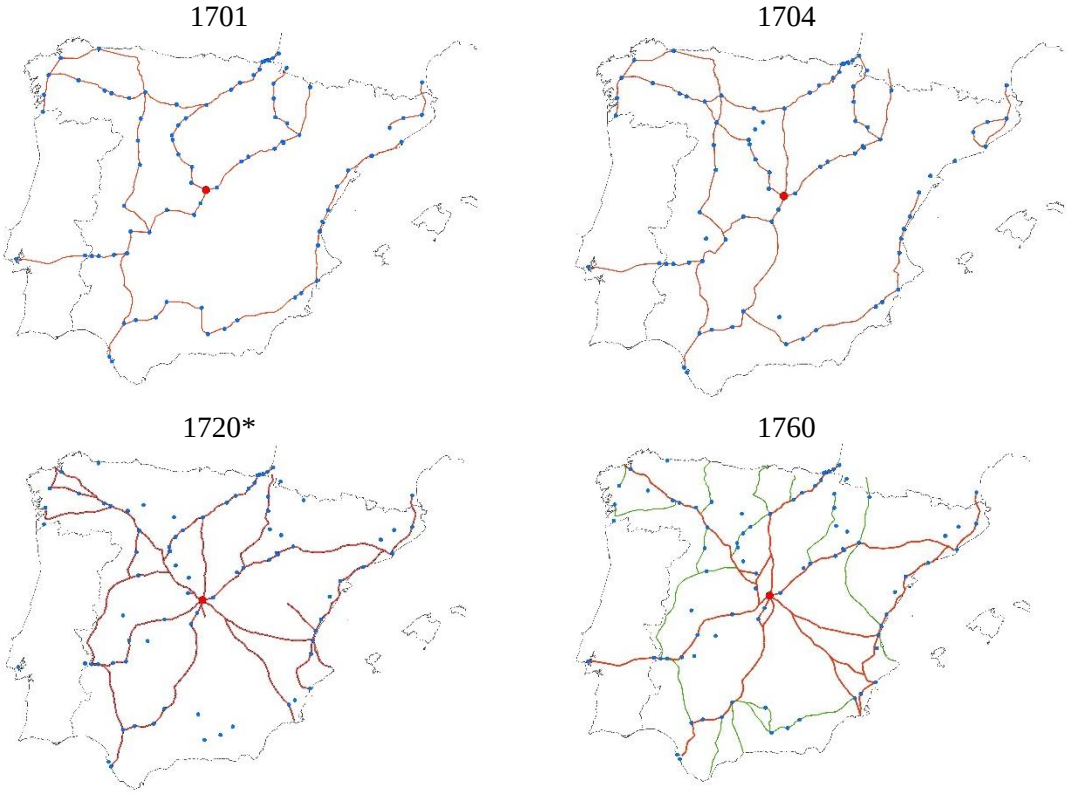
Figura 3 Caminos de postas del siglo XVII

Los correos italianos son la principal fuente de información sobre la red de correos europeos entre los siglos XVI y XVIII (Serra 2003). La información disponible de Codogno (1608), a la izquierda, y de Miselli (1697), a la derecha, muestra una estructura similar a la que se establecerá en los reglamentos de 1720, con grandes ejes que conectan el centro de la península con las grandes ciudades de la periferia complementados con varios ejes transversales. También se observa un eje este-oeste en los valles del Ebro y del Duero que desapareció después de 1720. Mapas de los autores a partir de las fuentes indicadas anteriormente.

Para comprender adecuadamente este debate, debe tenerse en cuenta que la definición de nuevas vías postales no significa necesariamente cambios importantes en la estructura de la red de carreteras, ya que sólo se trata de remodelar las rutas que siguen los correos para comunicarse entre sí y así transmitir los mensajes con mayor rapidez. Esto se pone de manifiesto cuando comparamos las oficinas de correos que aparecen en el mapa (Fer y Loon 1701), probablemente el primer mapa postal de España, con las rutas que aparecen a lo largo del tiempo. Se puede observar que, aunque las rutas sufren grandes cambios, las oficinas de correos son, en gran medida, las mismas (véase la figura 4). Este diseño, en gran parte virtual, de las carreteras postales

facilita la realización de modificaciones profundas en las rutas sin grandes costes, ya que la ubicación de los puestos de escala, único elemento físico de la red, no requiere grandes modificaciones.

Las consideraciones anteriores no significan que la definición de los caminos de postas no tenga implicaciones para las infraestructuras. Al ser rutas prioritarias para la Corona, recibieron mayor atención en cuanto a su mantenimiento; por otra parte, al ser más transitadas, se volvieron más seguras y tuvieron mejores servicios (nuevas posadas), lo que generó un ciclo virtuoso que aumentó su relevancia para el transporte. Sin embargo, si bien la remodelación de la red de postas significó una importante mejora de las comunicaciones y la movilidad de los estratos sociales más privilegiados, no alteró en gran medida las capacidades del transporte de mercancías, ya que las vías permanecieron en su mayoría sin pavimentar.



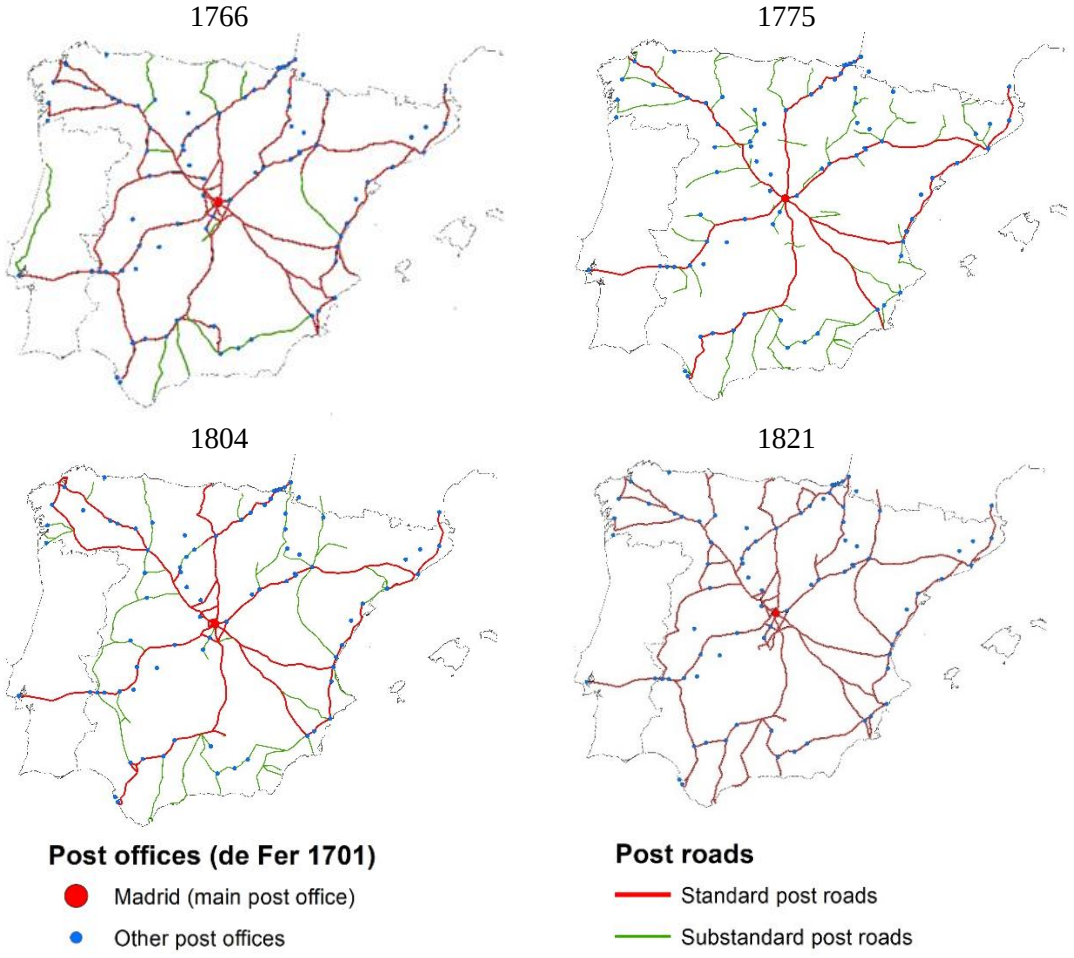


Figura 4 Evolución de la red de postas (1701-1804)

La evolución temporal se representa de izquierda a derecha y de arriba a abajo, con los años indicados junto a los mapas. Las líneas rojas indican las rutas montadas, las verdes las rutas no montadas, donde montadas significa que se cumplen todos los requisitos establecidos. Los puntos azules indican buzones en 1701 y el punto rojo es Madrid, lo que demuestra que la mayoría de ellos permanecen en las carreteras a pesar de la evolución de la red. La comparación entre 1701 y 1821 muestra que sólo 12 postas están aisladas). La comparación entre la red de 1701 y la del siglo XVII (véase la figura III) muestra el efecto de la Guerra de Sucesión en las comunicaciones. El papel de Madrid como centro de la red aumenta y las conexiones con la Corona de Aragón y con Portugal disminuyen, como consecuencia de la mayor presencia allí de los partidarios de los Habsburgo. El hecho de que el lado Borbónico es más efectivo en mantener el control de las grandes ciudades costeras se refleja en las conexiones con aquellas que sobreviven a la guerra. El mapa de 1704, en el punto álgido de la guerra, es similar al de 1701, excepto por el restablecimiento de la conexión con Andalucía a través de Castilla la Nueva y la supresión de la conexión con Francia a través de Valladolid, con dos nuevos ejes que conectan directamente con Santiago y Burgos. Este mapa apunta a una conformación radial de la red, que parece consolidarse en el mapa de 1721, previo al reglamento emitido ese año y después de siete años de paz. De acuerdo con esto, la red de postas toma una estructura muy radial, mientras que los ejes transversales permanecen, pero reducidos a la categoría de no montados. En 1775, la red es la más centralizada, como lo demuestra la desaparición de los ejes transversales. Una estructura menos centralizada se recupera en 1804, con la reaparición de rutas como la Vía de la Plata (paralela a la frontera portuguesa), en Aragón, y la conexión Francia-Portugal a través de Valladolid. En 1821 el proceso se completa y todas las rutas son montadas. Mapa de los autores basado en Fer y Loon (1701), Fer (1704), Jaillot y Martínez de Grimaldo (1721), López de Vargas y Machuca y Ward (1760), Brion de la Tour (1766), Espinalt y García (1775), Espinalt y García (1804) y Ayala (1821).

2.2.2 El plan de infraestructura viarias

En 1747, Fernando VI emitió un Real Decreto por el que se creaba la oficina del superintendente general de Correos, Estaciones y Correos, encargada del mantenimiento de las carreteras y de la construcción de otras nuevas, poniendo bajo la tutela del servicio postal las responsabilidades que anteriormente recaían en los alcaldes y los intendentes. Como importante novedad, se estableció un financiamiento regular para el desarrollo y conservación de la red vial principal a cargo del Tesoro (Martín Mora 2017). Este cambio en el sistema de financiación se debió a que el sistema tradicional, basado en la financiación local y obtenido principalmente a través de los portazgos (peajes de entrada y salida), era insuficiente para llevar a cabo la expansión prevista de la red (Bel 2011). Como resultado de este interés por mejorar la red de carreteras, en 1749 se construyeron las primeras carreteras, a saber, la carretera Santander - Reinosa y el paso de Guadarrama.

Sin embargo, no es hasta 1761, con Carlos III en el trono, que la legislación general sobre la red de carreteras y las obras públicas puede considerarse plenamente establecida (Dirección General de Obras Públicas, 1856). El Real Decreto promulgado en 1761 para hacer carreteras rectas y sólidas en España y facilitar el comercio entre las provincias (de Gregorio - Marqués de Esquilache 1761) es un claro ejemplo de acción ilustrada para promover el comercio y el desarrollo. Es un breve documento de cuatro páginas en el que se decide la continuación del canal de Castilla y la construcción de " todos los caminos convenientes para la utilidad común de mis pueblos, comenzando por los principales desde la Corte a las provincias, con asignación fija, y que conluidos éstos se vayan ejecutando todos los demás que aseguren la fácil comunicación de unas provincias con otras y aún de unos pueblos con otros”. Este ambicioso plan de infraestructuras comenzó con la construcción de las carreteras de Madrid a Andalucía, Cataluña, Galicia y Valencia y la introducción, para su financiación, de un impuesto nacional sobre la sal al que todos los pueblos estarían sujetos, " sin excepción de personas algunas eclesiásticas ni seculares, por deber todos contribuir a un objeto que comprende el beneficio común". A partir de 1761, Carlos III y sus sucesores llevaron a cabo una intensa política de infraestructuras que sentó las bases de la actual red de transportes.

En el Real Decreto de 1761, no hay evidencia de una decisión por parte del monarca de construir una red radial, sino que el Decreto desarrolla el deseo de favorecer el transporte en todo el territorio nacional. De hecho, en el momento de la muerte de Carlos III, veintisiete años más tarde, las carreteras construidas difícilmente podían considerarse una red radial (Ita y Xareño 1789; Madrazo Madrazo 1988). Esto no significa, sin embargo, que la construcción de todos los caminos se considerara igualmente urgente. Durante los años anteriores a la promulgación del Real Decreto, hubo un activo debate académico y político sobre cómo mejorar la red de transporte española. La priorización de las comunicaciones entre la capital y la periferia a través de carreteras

rectas, así como la financiación de las obras por parte de la Real Hacienda Pública que figura en el Real Decreto de 1761, son en gran medida el resultado de la influencia de los árbitristas camineros que concienciaron a la sociedad de la urgente necesidad de mejorar la red de transportes (Madrazo 1974). (Ita and Xareño 1789; Madrazo Madrazo 1988) (Madrazo 1974)

Así, José Ignacio de Quintana (1753) propuso la creación de una red de carreteras radiales, a partir de los principales puertos que convergen en Madrid, y otra transversal, distribuida por todo el reino, que permitiera una reducción muy significativa de los costes de transporte. A diferencia de otros proyectos de la época, la propuesta de de Quintana se centra en los medios de transporte, la carreta de bueyes y el sistema logístico. Diseñó una red en la que cada 3 o 4 leguas de bueyes serían reemplazados para lograr mayor velocidad y capacidad de carga, de manera similar a como se reemplazaban los caballos en los caminos de correo para aumentar la velocidad de las cartas y los viajeros.

Dos años más tarde, Fernández de Mesa, con su Tratado Jurídico y Político de Vías Públicas y Posadas (Fernández de Mesa 1755) aportó ideas sobre financiación que complementaron las que ya aparecían en el Real Decreto de 1747. Propuso que la construcción y el mantenimiento de las carreteras fueran sufragada por los beneficiarios, principalmente los municipios, pero también por los señores y la Iglesia, algo bastante controvertido en aquella época. La Corona sólo debía contribuir a los caminos reales "por ser del Príncipe, y gozar en ellos de la protección y jurisdicción, como también el útil de facilitar la pronta expedición de sus órdenes, Correos y funciones militares".

En una línea similar, Miguel Sarmiento tenía una visión profundamente centralista, en la que la capital debía jugar un papel fundamental en la estructuración territorial de la nación (Reguera Rodríguez 1999). Utilizando una perspectiva puramente geométrica, propuso una red de 32 carreteras radiales desde Madrid hasta las partes más remotas de España, en imitación de las rutas militares de los romanos (Sarmiento 1757). Los caminos deben ser rectos, evitando los pueblos, de modo que si alguno estuviera en su camino debería rodearlo. Curiosamente, este diseño no urbano será utilizado siglos más tarde para el desarrollo de las autopistas alemanas. Para evitar la congestión que se produciría en Madrid, como centro de la red, propuso la construcción de una carretera circular para distribuir el tráfico, de forma similar a las autopistas que ahora rodean las ciudades.

Uno de los informes que probablemente tuvo mayor influencia en el desarrollo posterior de la red de carreteras es el Proyecto Económico, que introduce diversas medidas destinadas a promover los intereses de España, redactado por Ward en 1760 y publicado póstumamente en 1762 (Ward 1762). Entre sus indicaciones para un mejor gobierno del país, dedica dos capítulos a la mejora

de los transportes. Sin embargo, su atención está muy centrada en el desarrollo de la navegación fluvial, dedicando sólo cuatro de las quince páginas dedicadas a este tema a las comunicaciones terrestres, dos de ellas referidas a aspectos de financiación. En general, considera que las carreteras son un sistema subsidiario del río: "Como no puede haber rios navegables , ni canales en todas partes , se ha de suplir esta falta con buenos caminos". Por lo tanto, no es de extrañar que las necesidades de carreteras se limitasen a "seis caminos grandes , desde Madrid á la Coruña , a Badajoz , a Cadiz , a Alicante , y a la raya de Francia , así por la parte de Bayona, como por la de Perpiñan ", ya que la conectividad transversal estaba cubierta por ríos y canales. La elección de estas carreteras se basó probablemente en la importancia que estas carreteras habían tenido históricamente y en el uso que se hacía de ellas en ese momento como carreteras de postas. Estas vías radiales deben complementarse con "caminos de travesía de unas ciudades a otras; y haciendo el Rey el primer costo (como corresponde) es muy justo , que en lo succesivo mantengan estos caminos los pueblos mismos que disfrutarán el beneficio de esta providencia , cada uno en su distrito y jurisdiccion ". Al igual que Sarmiento, Ward destaca la importancia de la rectitud de los caminos "a costa de cualquier dificultad" porque la reducción de la distancia compensa con el tiempo los mayores costos iniciales.

La orientación del plan de infraestructuras hacia el logro de la plena conectividad nacional, aunque generalmente aceptada en los ámbitos técnico y político, no estuvo exenta de críticas (Reguera Rodríguez 1999). Jovellanos, en su Informe sobre la Ley Agraria (Jovellanos 1795) consideró que habría sido más beneficioso fomentar la actividad económica para mejorar la conectividad local en lugar de construir grandes ejes nacionales, y no iniciar nuevos proyectos antes de que los ya iniciados hayan sido completados.

3 La red de carreteras

Teniendo en cuenta la revisión histórica del desarrollo de la red de carreteras españolas y su evolución, pasamos ahora a un estudio cuantitativo de las cuestiones más relevantes relacionadas con ella.

En los últimos años, se están produciendo profundos cambios en las ciencias sociales. El aumento de la potencia de cálculo, la disponibilidad de software más sofisticado y la creciente accesibilidad de las fuentes primarias digitalizadas marcan el inicio de una era de enormes cambios metodológicos en el campo de la Historia Económica. Los costos decrecientes de la digitalización masiva de mapas y otras fuentes primarias, junto con el desarrollo de sistemas de reconocimiento de caracteres, incluida la escritura a mano, gracias a un aprendizaje profundo, permiten analizar información que hasta hace poco era inaccesible o al menos intratable. Gracias a estas nuevas

posibilidades, el análisis cuantitativo y la teoría económica pueden combinarse para avanzar en nuestra comprensión de la historia de nuevas maneras (Wehrheim 2019). Esto es lo que Mitchnener llama historia económica del 4D, Diseño de Datos Digitales. El desarrollo del 4D tiene el potencial de cubrir más áreas y en mayor profundidad que la explotación de IPUMS, la serie integrada de microdatos de uso público se ha hecho hasta ahora (Mitchener 2015). Por otra parte, una contribución importante a esta caja de herramientas han sido los sistemas de información geográfica (SIG) que, al incorporar la dimensión temporal, se han convertido en muy útiles en el campo de las ciencias sociales (Gutmann, Merchant y Roberts 2018). Los SIG consisten en un sistema integrado de gestión de bases de datos con una herramienta cartográfica que permite una fácil representación de los datos mediante mapas, pero que también integra información dispersa utilizando la localización como nexo y analiza los datos espacialmente. Esto ha permitido a los historiadores manejar datos con un componente espacial de una manera más potente y sofisticada de lo que era común en el pasado (Healey 2000; Ell y Gregory 2001) especialmente en el campo del transporte (Atack 2013; Perret, Gribaudi, y Barthelemy 2015).

A menudo, en Economía, las interdependencias entre los diferentes aspectos de los fenómenos estudiados no se consideran adecuadamente (Schweitzer y otros, 2009), lo que constituye una debilidad importante, ya que las relaciones entre las entidades son importantes ya sea que se trate de personas, objetos, ideas o cualquier otra cosa (Brughmans 2013). En lugar de centrarse en estas entidades de forma aislada, la perspectiva de la red permite un examen explícito de estas entidades para comprender adecuadamente su comportamiento (Wasserman y Faust 1994; Watts 2003; Nooy, Mrvar, y Batagelj 2005) Esto es particularmente común en el ámbito de las infraestructuras, no sólo del transporte, donde muy a menudo el análisis se centra en las diferencias de dotación regional sin tener en cuenta que los efectos, tanto positivos como negativos, pueden producirse lejos de la ubicación de la entidad. El espacio no es sólo un elemento adicional de la economía: constituye, como dicen Reggiani y Nijkamp (2009), una característica intrínseca de cualquier sistema geoeconómico y puede dar lugar a la aparición de complejos comportamientos y procesos no lineales e interactivos en un entorno geográfico. El análisis de redes permite superar estas limitaciones haciendo explícitas estas relaciones y posibilitando análisis globales del fenómeno mediante herramientas matemáticas ampliamente contrastadas. Con este fin, hemos hecho un gran esfuerzo para establecer una red correcta que represente los caminos, comenzando por supuesto con el punto de partida adecuado, a saber, la situación a finales del siglo XVIII.

Como no existe una cartografía adecuada para este propósito, fue necesario recopilarla a partir de la información dispersa disponible. El mapa de Valk (1704) fue elegido como base para nuestra reconstrucción porque tiene la mayor conectividad regional entre los elaborados en los primeros años del siglo. Como este mapa se realizó teniendo en cuenta las conexiones más importantes

entre las ciudades, adolecía de cierta falta de integración nacional a través de las conexiones de larga distancia, problema que resolvimos recurriendo a los itinerarios de Anónimo y Pontón (1705) y F. B. y Grieck (1704). Habría sido deseable integrar toda la información disponible sobre las carreteras, pero habría resultado una red excesivamente compleja para las simulaciones; al mismo tiempo, confiamos en que la red así obtenida sea una descripción bastante precisa de las carreteras de principios del siglo XVIII.

Como mencionamos anteriormente, los mapas de este período mostraban una visión distorsionada de la red de carreteras al incorporar algunos errores en la ubicación de las ciudades y pueblos (problemas planimétricos) pero esto puede ser rectificado si no hay inconsistencias espaciales (problemas topológicos). Esta cuestión puede comprenderse más fácilmente si se observa la figura 5, en la que se muestran las distorsiones espaciales del mapa de Valk comparando la ubicación en el mapa de las principales ciudades con lo que deberían tener.

Si el mapa se dibujara correctamente, la malla de distorsiones mostraría una estructura homogénea. Los errores son planimétricos porque la malla, aunque deformada, no está torcida, lo que implicaría la existencia de problemas topológicos.

El mayor problema, compartido por otros mapas de la época, surge en Cataluña, que aparece demasiado al este. Otras zonas con errores planimétricos son Andalucía oriental, Extremadura, Galicia y Asturias. Estos errores en el conocimiento de la realidad del territorio podrían haber influido en el diseño de la red haciendo pensar a los políticos que las distancias entre las ciudades eran diferentes a las reales. Sin embargo, la disponibilidad de tiempos reales de viaje en los itinerarios podría haber mitigado estos potenciales sesgos.

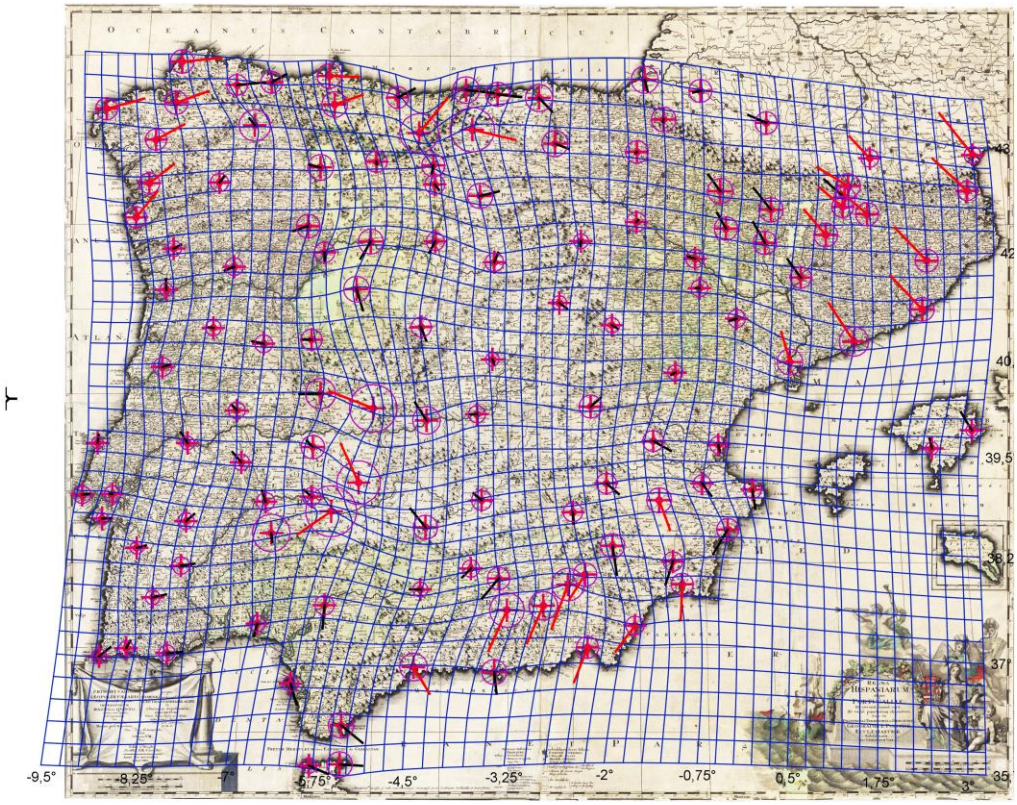


Figura 5 Errores cartográficos en el mapa de Valk (1704)
Fuente: elaboración propia con MapAnalyst (Jenny y Hurni 2011). Las líneas rojas y negras son vectores de desplazamiento que unen puntos del antiguo mapa con la ubicación correcta en un mapa de referencia moderno. La cuadrícula de distorsión muestra los errores del mapa. Las celdas de la grilla comprimida o ampliada reflejan los problemas del viejo mapa.

.

Para ello, todos los pueblos que aparecían en el mapa de Valk y en los itinerarios de Anónimo y Pontón (1705) y F. B. y Grieck (1704) fueron representados con precisión en un mapa moderno y los tramos de camino que aparecían en esas fuentes estaban representados por líneas rectas. Se utilizaron líneas rectas debido a las limitaciones de la información disponible. Los itinerarios no indican puntos intermedios entre ciudades, y las rutas marcadas en el mapa no eran fiables debido a errores de representación subyacentes. Esto podría dar lugar a la introducción de graves errores en la evaluación de la distancia real entre ciudades y, por consiguiente, de los costos de transporte, al no tener en cuenta las pendientes y curvas de las carreteras. Para reducir este problema en la medida de lo posible, se supuso que el error entre la distancia real y la distancia en línea recta era proporcional a la rugosidad del terreno cubierto. Así pues, se obtuvo una aproximación de la distancia real multiplicando la distancia en línea recta por un índice de rugosidad.

A diferencia de lo habitual, nuestro índice, en lugar de basarse en las características generales del territorio (Riley y otros, 1999), se centra en la trayectoria seguida por la carretera. Las zonas con rugosidades elevadas pueden tener pasos que son fácilmente transitables y que las mediciones

basadas en la superficie no pueden incorporar. La construcción del índice es simple e intuitiva: el número de curvas de contorno atravesadas por el camino dividido por la longitud de la sección. De esta manera, es posible superar la falta de información precisa sobre por dónde pasa realmente el camino. Si el camino es directo tiene mayores pendientes y corta más curvas de contorno, si por el contrario, hace un desvío, es más largo pero corta menos curvas de contorno. La figura 6 muestra la red finalmente considerada. Queremos destacar que este es un resultado importante de nuestra investigación en sí mismo, dada nuestra amplia reconstrucción histórica.

Para proceder con nuestro análisis a largo plazo, necesitamos evaluar si la red así obtenida permanece estable o no. En otras palabras, no debería haber grandes cambios en la conectividad del territorio más allá de la mejora de los tramos de carretera incluidos en el plan de infraestructura analizado. Confirmar que esta hipótesis es correcta es difícil dada la falta de información detallada sobre la red y su evolución, ya que hasta el último tercio del siglo XIX no existía un mapa oficial de rutas nacional con el nivel de detalle necesario (Depósito de la Guerra 1865). Sin embargo, la información fragmentada de que se dispone parece indicar que los cambios en las carreteras de segundo orden fueron de poca importancia, manteniendo a lo largo del período una red densa, homogénea en densidad y de baja calidad.

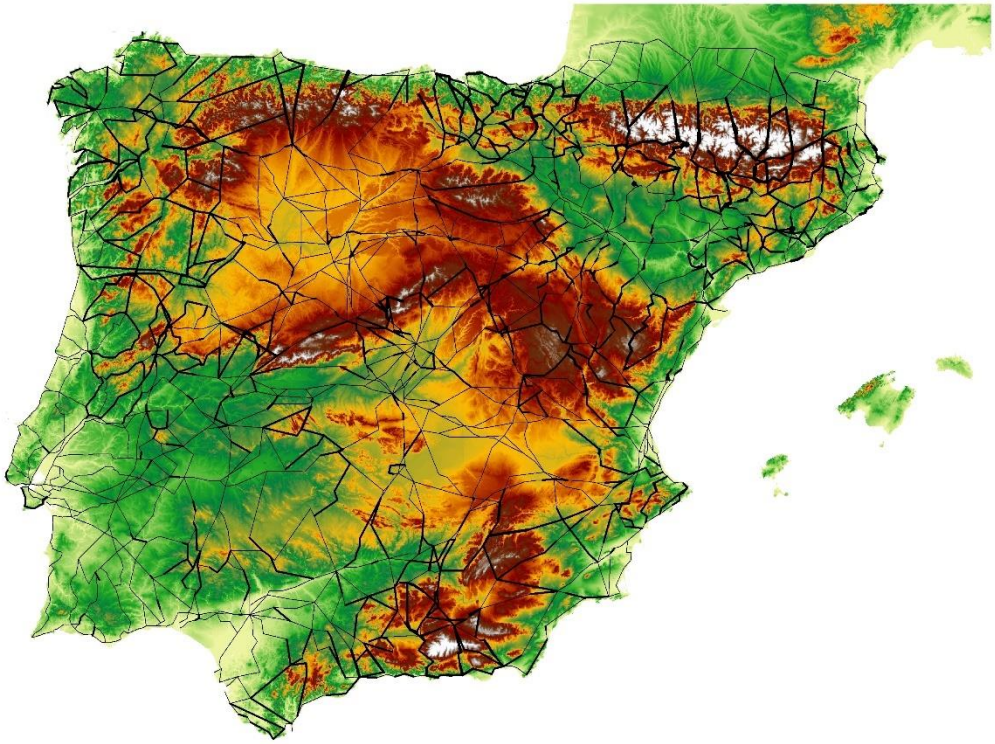


Figura 6 Red de caminos ibéricos a principios del siglo XVIII. Mapa realizado por los autores siguiendo el método detallado en el texto. El grosor de la línea es proporcional al índice de rugosidad del camino correspondiente. Esta es la red que se toma como referencia en el resto del documento.

Otras pruebas que apoyan esta conclusión provienen del uso de guías de caminod como referencia. A este respecto, observamos, por un lado, que la obra de Escribano (1758) se publicó de forma continuada, y sin apenas modificaciones, desde la tercera edición de 1767 hasta, al menos, 1823, lo que indica que la red no experimentó grandes alteraciones en su trazado, ya que la guía no perdió interés para el público. Por otra parte, a partir de esta guía, López (1809) publicó cuatro ediciones en las que completó y corrigió la información contenida, pero sin incluir nuevas rutas, excepto en la última edición, de 1828, en la que, en el caso de Cataluña, incorporó cincuenta nuevas carreteras, muchas de ellas pavimentadas. Esto confirma la estabilidad de la red y también que la baja densidad de carreteras de la periferia peninsular que aparece en las guías no es real, sino que se debe a la falta de información y al especial interés por las conexiones de la capital, como se muestra en sus títulos . Curiosamente, la comparación de la red presentada por Escribano y López con la obra anónima publicada en Valencia en 1810 con motivos militares (Anónimo 1810) (Ilustración A2 del anexo) nos muestra una información bastante similar, aunque no siempre coincidente. Hay discontinuidades en algunos caminos que desaparecen cuando se integran las fuentes, lo que indica que se trata de fuentes incompletas que pueden dar lugar a errores si se consideran de forma aislada.

Es importante mencionar en este punto que, en lo que respecta a la cartografía de carreteras, hubo un importante vacío durante la segunda mitad del siglo XVIII en el que prácticamente sólo se incluyeron en los mapas las rutas de posta. Sólo a principios del siglo XIX, las necesidades de la logística militar hicieron surgir nuevos mapas e itinerarios. Durante la Guerra de la Independencia (Collin et al, 1808; Laurie et al, 1810; Picquet et al, 1810) y la campaña conocida como "Los 100.000 hijos de San Luis" (Guilleminot et al, 1823), los ejércitos extranjeros que operaron en España realizaron trabajos cartográficos que representaron una importante mejora de los mapas nacionales (Puyo, Castañón y García Álvarez 2016). Estos mapas militares tienen ventajas sobre los oficiales como los de Cabanes y González Salmón (1829) porque se basan en la inspección directa de la calidad de las carreteras en lugar de hacerlo en clasificaciones administrativas. La red que muestran estos mapas es cualitativamente similar a la observada en los realizados un siglo antes durante la Guerra de Sucesión: una red densa, bastante homogénea en su distribución y con una calidad generalmente baja de las carreteras, especialmente en las zonas montañosas. Por esta razón, consideramos que la red que hemos deducido del mapa de Valk (1704) es una buena aproximación al sistema de carreteras del siglo XVIII y de la primera parte del siglo XIX.

4 Resultados

Antes de presentar nuestros resultados, debemos examinar una deficiencia potencialmente importante de nuestra labor, a saber, las limitaciones de las fuentes estadísticas disponibles que nos obligan a considerar únicamente el tráfico interior interno. Por lo tanto, no incluimos ni los efectos sobre los flujos de transporte por carretera del comercio en las fronteras con Francia y Portugal, ni tampoco abarca el cabotaje y el tráfico marítimo de larga distancia. Sin embargo, consideramos que los sesgos introducidos son menores de lo que cabría esperar a priori por varias razones. Para empezar, aunque incompleto, parte del efecto se ha incluido en el análisis en la medida en que a largo plazo el tráfico portuario y fronterizo tiene un impacto en el tamaño de las ciudades debido al aumento de las actividades comerciales (Lee 1998; Galor y Mountford 2008). Por otra parte, a pesar de la falta de estadísticas fiables, puede aceptarse que el comercio de España con Francia y Portugal y, en general, con el resto de los países era bastante limitado en el siglo XVIII y principios del XIX (Bairoch 1974; Prados de la Escosura 1986, 2015; Moreira 2006). En cuanto al comercio colonial, era importante en términos de valor (Cuenca-Esteban 2008) pero no tanto en términos de toneladas transportadas. Si se compara con el tráfico de productos nacionales, el impacto en el tráfico de la red es pequeño (Anes 1983; Delgado Ribas 1986; Oliva Melgar 2004). Asimismo, la flota mercante española de principios del siglo XIX (Lobeto Lobo 1989; Dubert García 2008) era de pequeño tamaño en comparación con la capacidad de transporte terrestre para el período anterior a 1750 que ofrecía Madrazo (1984). Otro aspecto relevante de esta cuestión es que las desventajas del transporte terrestre en comparación con la navegación no eran tan amplias como se suele afirmar (Carreras Monfort y Soto, 2010, Scheidel 2014). Un experimento natural de las ventajas reales del transporte por barco frente al transporte terrestre en el siglo XVIII lo da el Canal de Amposta. Este canal, cuyo objetivo declarado era facilitar el comercio de Aragón con América, se inició en 1778 y habría hecho navegable el río Ebro hasta unos 450 km, salvando los problemas de navegabilidad del Delta. Sin embargo, el proyecto fue abandonado cinco años más tarde, cuando quedó claro que los elevados costos de mantenimiento de tan sólo 10 km del canal o el puerto terrestre alternativo no compensaban el ahorro potencial en los costos de transporte (Franquet Bernis, Albacar Damian y Tallada de Esteve 2017). En cuanto al cabotaje, varios autores destacan su limitada relevancia como medio de transporte en comparación con el transporte terrestre (Frax 1981, Martínez-Galarraga 2013). Finalmente, las escasas referencias al transporte marítimo en los itinerarios (Anónimo y Pontón 1705; Escribano 1758; López 1809a; Anónimo 1810) y libros de viaje (B. van der Aa y Jordan 1700; Laborde 1808) de los siglos XVIII y XIX sugieren su escasa relevancia.

4.1 Un diseño con profundas raíces históricas

Habiendo hecho una descripción precisa de la red de carreteras españolas a la llegada de la dinastía borbónica y de las inversiones realizadas en los 150 años siguientes en el apartado anterior, podemos establecer que no hubo grandes alteraciones en la estructura de la red. No se crearon nuevas rutas utilizando grandes puentes o túneles, sino simplemente mejoras en algunas de las carreteras preexistentes. En términos cuantitativos, la red de carreteras interurbanas en el período analizado tenía una longitud de unos 150.000 km, de los cuales sólo se mejoraron unos 6.000 km, lo que representa un porcentaje de aproximadamente el 4%.

Podemos ahora utilizar nuestro enfoque para responder a la hipótesis anteriormente expuesta sobre la estructura de las carreteras en España.

Comenzamos estudiando la hipótesis H1A relativa a si el diseño radial de las carreteras recién pavimentadas propuesto por Ward y materializado en el Real Decreto de 1761 era un modelo totalmente nuevo o, por el contrario, una simple evolución de la red preexistente. Para probar esta hipótesis, un requisito clave obvio es el conocimiento de la estructura viaria heredada de los Habsburgo.

Como ya se ha dicho, disponemos de información bastante detallada sobre la distribución de las carreteras, gracias a los mapas e itinerarios existentes, pero no sabemos cómo se distribuía entre ellas el tráfico de personas y mercancías porque hasta la segunda mitad del siglo XVIII las categorías de carreteras (herradura, ruedas...) rara vez se explicitan. Una excepción importante es el mapa de España incluido en el Itinerario Orbis Christiani, (Matal y Hogenberg 1579), considerado el primer atlas europeo de carreteras (Wertheim 1935; Lang 1950; Schuler, Hogenberg y Matal, 1965) en el que se pueden ver por separado las carreteras principales y algunas de las secundarias. Al tratarse de un atlas de carreteras de nivel continental, cabe suponer que las pocas carreteras que incorpora son las más importantes. Hay que destacar que el concepto de importancia debe entenderse a partir de los flujos de transporte, ya que la calidad de las carreteras era muy baja en toda la red española. El mapa de Matal y Hogenberg (1579) presenta una estructura radial que difiere ampliamente de la red descentralizada que aparece en los itinerarios de Villuga (1546) y Meneses (1568) mencionados anteriormente: en su lugar, los caminos se organizan en torno a seis carreteras principales que emergen del centro de la península y que coinciden, en gran medida, con las que se propondrían casi dos siglos más tarde (Barrio 1762) como base para el diseño de la red viaria aprobada por Carlos III en 1761 (de Gregorio - Marqués de Esquilache 1761).

Este es un resultado importante porque sugiere fuertemente que la estructura de la red de carreteras española no surgió *ex novo* con la llegada de los Borbones después de la Guerra de

.
Sucesión. La red ya había surgido a finales del siglo XVI, sin intervención directa del Estado, como consecuencia de la orografía y de las posiciones relativas de las ciudades y pueblos (relaciones topológicas), y, como consecuencia de ello, del propio movimiento de personas y de mercancías. De esta manera, los árbitristas camineros del siglo XVIII que defendían una red radial sólo formalizaron una estructura vial que ya existía de facto.

Para confirmar la fiabilidad de la estructura de la red mostrada por Matal y Hogenberg (1579) la hemos comparado con la información disponible para dos períodos diferentes (1544-1579) y (1597-1605) . Para ello suponemos, como lo hicieron Menéndez Pidal (1951) y Braudel (1976), que los caminos más importantes deberían tender a aparecer en un mayor número de fuentes. De esta manera, las diferentes categorías de tramos de carretera se establecen en función del número de veces que aparecen en las fuentes consultadas. Como se puede observar en la figura 7, los resultados de nuestro análisis confirman el mapa de Matal y Hogenberg (1579) que muestra una red radial con centro en Toledo.

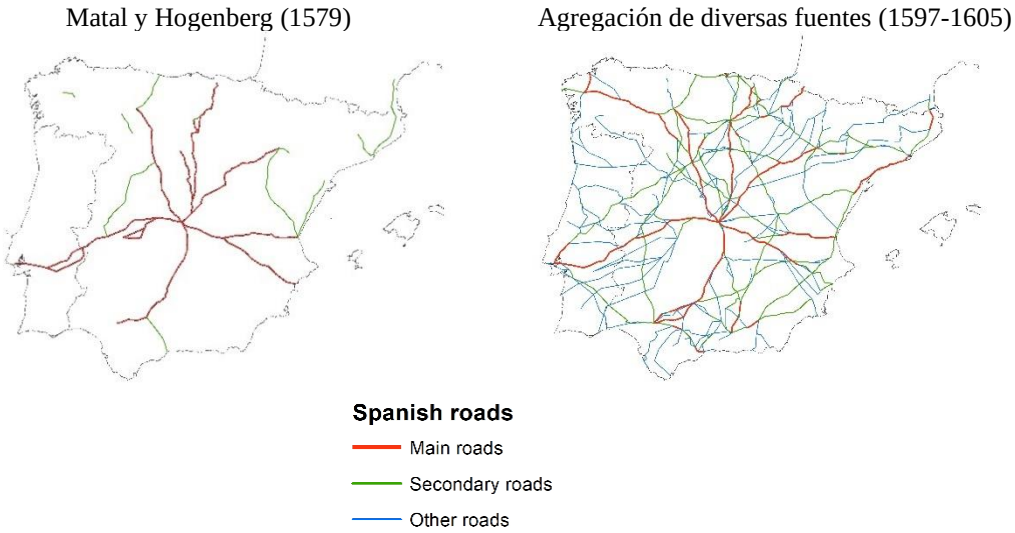


Figura 7 Estructura radial de la red de carreteras a finales del siglo XVI y principios del XVII
A la izquierda: Matal y Hogenberg (1579). Líneas continuas rojas, carreteras principales; líneas punteadas verdes, carreteras secundarias. A la derecha: Andree (1597), Quad y Eichoviothias (1604), y de Mayerne (1605). Rojo, carreteras registradas en las tres fuentes; verde, carreteras registradas en dos fuentes, y azul, carreteras registradas en una sola fuente. Mapa de los autores basado en las referencias citadas

El hecho de que todas las fuentes disponibles en conjunto otorguen a Toledo una posición central en la red de carreteras del siglo XVI, a pesar de no tener una corte continua o una población especialmente grande, parece estar relacionado con algunas claras ventajas de ubicación. Estas

ventajas vendrían principalmente de su posición en el centro de la península ibérica, de las características físicas del territorio y de su posición relativa respecto al resto de las grandes ciudades. Cabe destacar que los itinerarios de Villuga y Meneses también implican cierto apoyo a esta visión radial de la red si consideramos que los tramos que aparecen repetidos en más ocasiones son también los más importantes o frecuentados (Menéndez Pidal 1951) (cf. Figura 8). Por lo tanto, nuestro estudio establece que Toledo fue el centro de la red y, por lo tanto, canalizó gran parte de los flujos de transporte (Braudel 1976). De forma crucial, el establecimiento de la capital en Madrid en 1561 sólo significaría una ligera modificación de la red en las décadas sucesivas, especialmente en lo que se refiere a las carreteras de Extremadura y Valencia que ya no pasarían por Toledo. En cualquier caso, este cambio no tiene ninguna implicación en la hipótesis H1A de nuestro estudio: de acuerdo con las pruebas presentadas anteriormente, y con la comparación de la red de carreteras establecida en el apartado 3 con los datos sobre la red preexistente, tenemos que concluir que la estructura radial de la red de carreteras española se remonta a mediados del siglo XVI, y por lo tanto no puede considerarse un diseño *ex novo*.

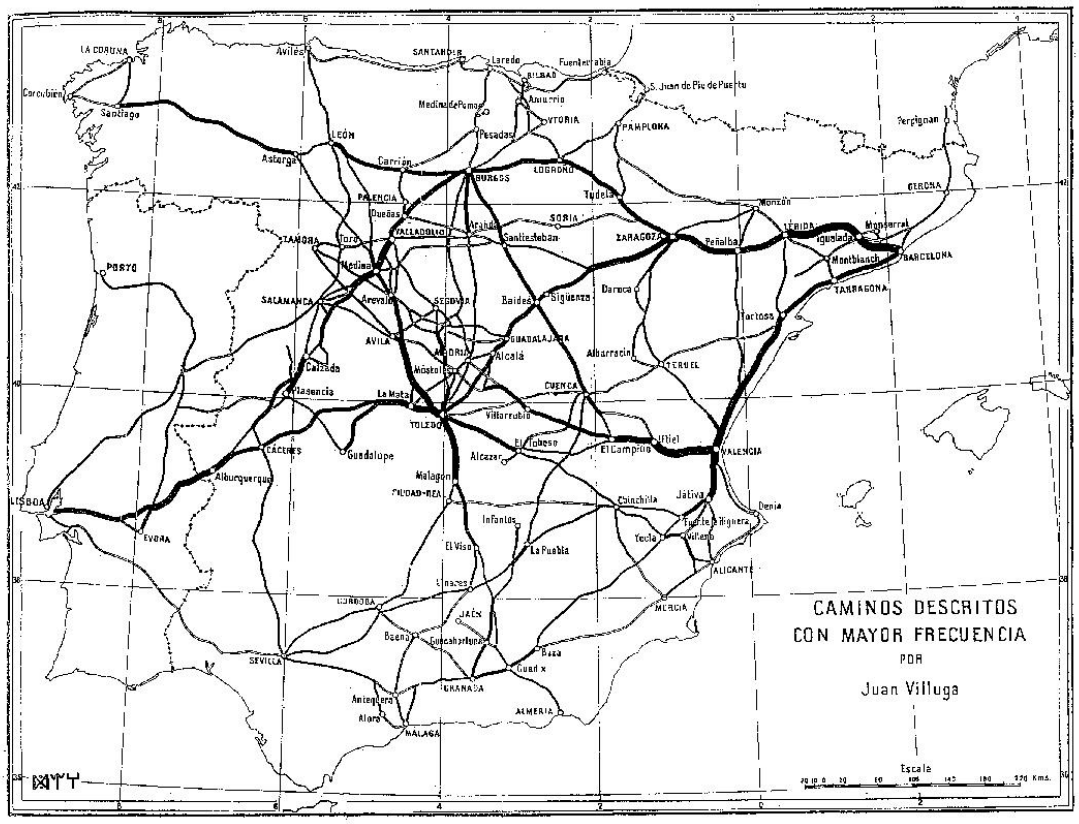


Figura 8 Carreteras más frecuentemente descritas por Juan Villuga. Fuente: Menéndez Pidal (1951).

Analicemos ahora la hipótesis H1.B, que afirma que los cambios en la red de carreteras están vinculados a la visión de la Ilustración del Estado que vino con la dinastía Borbónica (Madrazo Madrazo, 1984b; Bel 2010) y que sólo puede sostenerse si se producen cambios en la red en los

años siguientes. La figura 9 muestra los cambios en la densidad ponderada de carreteras entre 1600 y 1766. Como puede verse, dos tercios de siglo después del establecimiento de la dinastía de los Borbones, la red permaneció prácticamente inalterada respecto a la situación durante la dinastía de los Habsburgo, por lo que no puede aceptarse la hipótesis H1.B: los cambios en la red de carreteras no están vinculados a la llegada de los Borbones al trono. La mayoría de los cambios en la red deben ser situados después de 1800 de los cuales la Ilustración no es parte. En general, se puede ver que las modificaciones no son muy importantes y se distribuyen por todo el territorio. Las zonas más afectadas se pueden ver en el gráfico *c* donde se representan directamente los cambios. El hecho de que los cambios en la densidad de la red fueran básicamente locales sugiere que las modificaciones de la estructura de carreteras de España afectaron muchas más a ciudades que a regiones. Este es un tema importante, también incluido en nuestras hipótesis, que merece una mayor discusión en la siguiente sección.

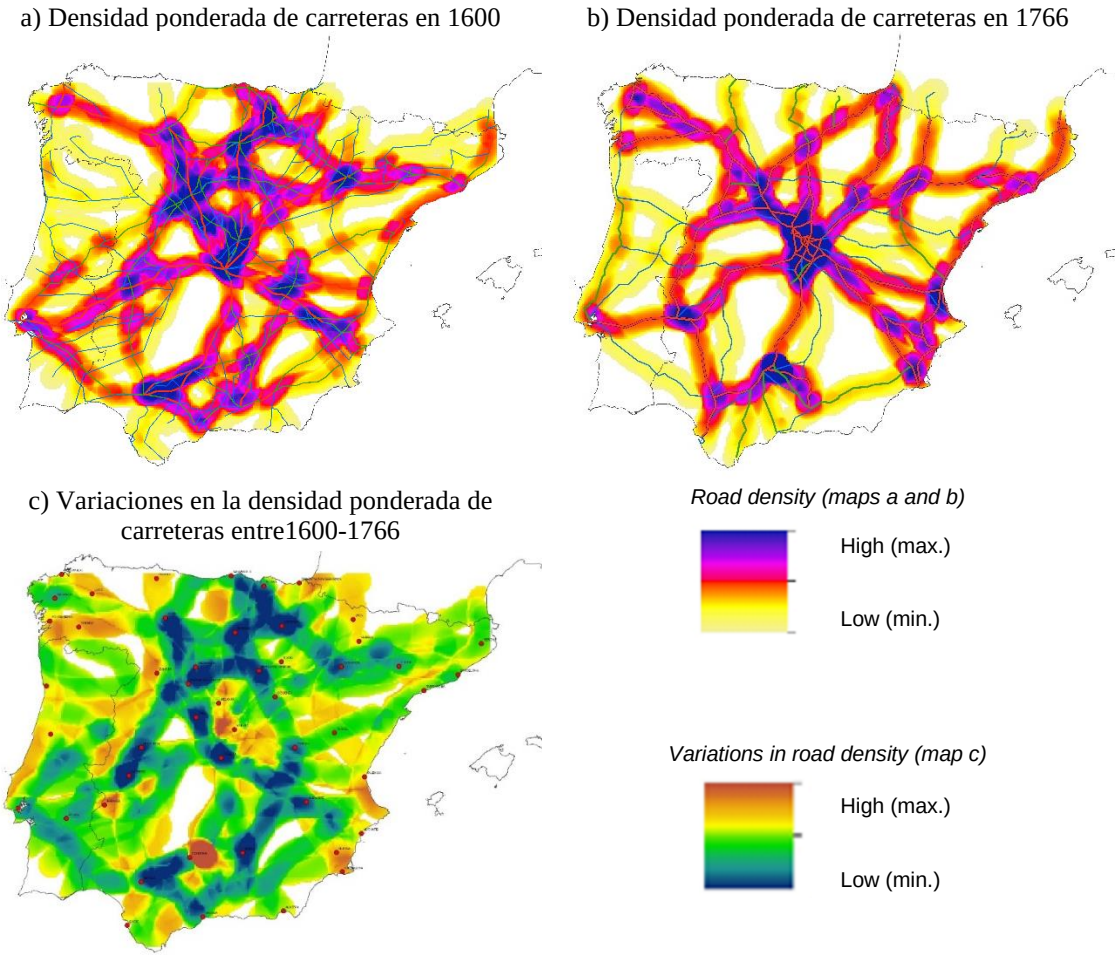


Figura 9 Densidad de carreteras (1600-1766) y sus variaciones
El panel a muestra la densidad ponderada de la carretera alrededor de 1600, el panel b muestra la misma magnitud en 1766, y el panel c muestra la diferencia entre 1600 y 1766. La densidad ponderada de carreteras tiene en cuenta el número de carreteras y su categoría en 50 km alrededor de cada punto. Las carreteras principales se ponderan el doble que las

carreteras ordinarias y las carreteras secundarias se ponderan 1,5 veces más que las carreteras ordinarias. Mapa de los autores basado en Andree (1597), Quad y Eichoviothias (1604), y de Mayerne (1605) y Brion de la Tour (1766).

4.2 Un diseño con poco impacto en la ventaja comparativa de las regiones, pero con un gran impacto en las ciudades

El siguiente asunto que abordamos en este documento es la afirmación de que la red de carreteras fue diseñada por los Borbones para mejorar las comunicaciones de Madrid con la periferia en lugar de activar el crecimiento de las regiones del interior (Ringrose 1972). Para una consideración rigurosa de esta cuestión, recordamos que había tres hipótesis que contrastar. La primera (H2.A) se refiere a la magnitud de los efectos generados por el plan de carreteras "Las carreteras recién pavimentadas produjeron importantes cambios en la movilidad del territorio". La segunda (H2.B) se refiere a la homogeneidad de la distribución regional de sus efectos "Los efectos positivos de la construcción de las carreteras recién pavimentadas se concentraron en unas pocas regiones, principalmente Madrid y las regiones costeras, lo que supuso una desventaja comparativa para las regiones del interior" (Ringrose 1972, Herranz-Loncán 2007). Por último, la tercera (H2.C) considera el alcance de los efectos "Los efectos se produjeron principalmente a nivel de las ciudades, no tanto de las regiones".

En cuanto a la magnitud de las inversiones en carreteras, sin duda, el largo reinado de Carlos III y la primera parte del reinado de Carlos IV, fueron importantes, pero no tanto por los resultados. En efecto, tras la finalización con éxito de los caminos a través de Guadarrama y de Reinosa a Santander por Fernando VI, el período que se prolonga hasta finales del siglo XVIII es decepcionante, a pesar de los importantes recursos empleados procedentes del impuesto sobre la sal. Después de medio siglo de intensa actividad, no se había podido construir ni siquiera la mitad de las carreteras principales, y la mayoría de los caminos que se consideraban terminados eran intransitables. En algunos casos, esto se debió a un mantenimiento deficiente, y en otros directamente a la aplicación de técnicas de construcción inadecuadas (Betancourt 1868). Esos resultados deficientes son consecuencia de tres factores: la mala organización resultante de la falta de unidad en la gestión, la escasez en todos los niveles de mano de obra calificada, y la falta de recursos financieros, no sólo por la falta de ingresos sino también por el inadecuado control de los gastos (Dirección General de Obras Públicas 1856, Reguera Rodríguez 1999).

Sin embargo, en 1799 se crearon una Inspección General, asumida primero por el Conde de Guzmán y luego por Agustín de Betancourt, y una Escuela para la formación de los miembros del nuevo Cuerpo de Ingenieros de caminos y canales del Reino. Los resultados de estas medidas fueron extraordinariamente positivos, aumentando la actividad de construcción a un promedio de más de 300 kilómetros por año hasta el comienzo de la Guerra de la Independencia en 1808. Este

conflicto armado causó una gran destrucción de las infraestructuras y un grave retroceso en su desarrollo que persistió, con diferentes altibajos, hasta mediados del siglo XIX. En este escenario, basta con observar la velocidad de desarrollo de la red para concluir que la relevancia de las mejoras en las infraestructuras de transporte fue muy escasa en gran parte de España hasta bien entrado el siglo XIX (cf. Figura 10).

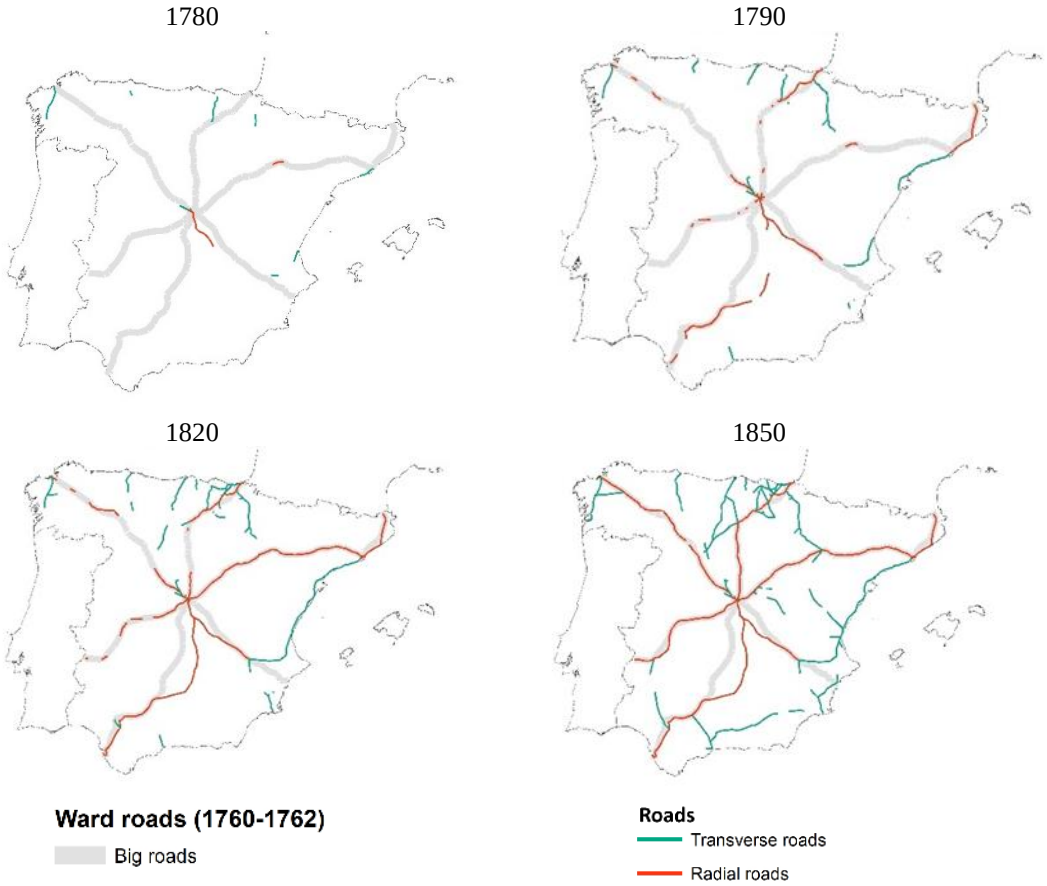


Figura 10 Evolución de la red de carreteras pavimentadas (1750-1850).
Gris, las seis carreteras principales propuestas por Ward en 1760, constituyendo la base de la estructura radial de las carreteras. Rojo, otras carreteras que pueden considerarse parte de la misma estructura radial. Verde, carreteras transversales. Las fechas de terminación son aproximadas. Mapa de los autores basado en Madrazo (1984b).

Para una discusión más cuantitativa, consideramos una red más o menos radial en función del porcentaje de conexiones transversales que contiene. En la figura 10, los tramos construidos correspondientes a los seis ejes radiales definidos en el Real Decreto de 1761 han sido marcados en rojo y el resto en verde. Se puede observar cómo, durante la mayor parte del período analizado, los kilómetros construidos de vías transversales superaron a los de las vías radiales (Tabla 1). Esto se confirma por el índice de radialidad, definido como el cociente entre los kilómetros construidos de tramos radiales y el total, que muestra que el período de máxima radialidad coincide con la

fase central de la expansión de la red. A medida que se completa la expansión, la radialidad disminuye. Además, estos resultados sobreestiman la construcción de las carreteras radiales en la medida en que no se logró la conexión con el centro. Considerar, por ejemplo, el tramo Barcelona-La Junquera como radial es cuestionable cuando apenas se han iniciado las obras entre Madrid y Barcelona. El mayor efecto centralizador de la construcción en la red corresponde al período 1790-1820. Hasta 1790, la mayoría de las nuevas carreteras se construyeron en la periferia y no estaban interconectadas, por lo que la mayor parte de los beneficios permanecieron en las diferentes áreas regionales. Sólo después de 1820, el cierre de los enlaces entre las carreteras radiales comenzó a redistribuir territorialmente las mejoras de la movilidad.

Table 1 Actividad constructora y radialidad de la nueva red de carreteras pavimentadas

	1750	**1750-1780**	**1780-1790**	**1790-1820**	**1820-1850**
Radial Km. radiales	14.3	164.5	1025.5	1086.5	543.0
Km. transversales	58.6	340.6	498.5	775.6	1539.4
Km. totales	72.9	505.1	1524.0	1862.1	2082.4
Km. construidos anualmente	-	16.8	152.4	62.1	69.4
Índice de Radialidad (IR)	19.6 %	32.6 %	67.3 %	58.3 %	26.1 %
RI acumulado	19.6 %	30.9 %	57.3 %	57.8 %	46.9 %

Fuente: Elaboración propia. Los datos son una aproximación de los años de referencia a partir de los datos proporcionados por Madrazo (1984) que incluyen las carreteras ya construidas y en proceso de finalización.

Vemos así que la transversalidad de la red no es invariable, sino que depende del tiempo y del marco de referencia. La red, vista en su conjunto, es una malla bastante homogénea que no puede considerarse radial. Sin embargo, la situación cambia si consideramos la importancia de las conexiones para las personas, tanto de los flujos de transporte como de la calidad de la infraestructura. En cuanto a los flujos, a partir del siglo XVI se observó una estructura radial centrada en el centro de la península, aunque no hubo diferencias notables en cuanto a la calidad de las carreteras. Con el plan de carreteras de los Borbones se mejoró la pavimentación de las carreteras más transitadas. La implantación secuencial de la red genera distorsiones temporales en la calidad relativa de las carreteras que alteran los flujos y, por lo tanto, las ventajas comerciales de las poblaciones situadas en ella. Como hemos visto en la introducción, esas variaciones en las ventajas pueden consolidarse, permaneciendo después de que se complete la red y desaparezcan las diferencias en la provisión de infraestructura. Las herramientas del análisis de redes aplicadas a nuestro rico conjunto de datos permiten cuantificar el efecto de estos cambios en las ventajas logísticas de los territorios mediante dos indicadores principales: la accesibilidad y la centralidad de la intermediación (Barthélemy 2011).

Nos ocupamos primero de la accesibilidad, definida como la centralidad de cercanía de cada ciudad, que es, a su vez, el inverso de la suma de los costes de transporte a todas las demás ciudades de la red a través de los caminos óptimos. Al ser una medida no ponderada, tiene pocos

requisitos de información, pero tiene la desventaja de considerar los costos de transporte para todos los destinos por igual en lugar de centrarse en los que tienen relaciones más intensas.

Para evaluar con precisión el efecto de las mejoras de las carreteras en los costos de transporte se necesitaría un conocimiento detallado del porcentaje de usos diferentes en en cada tramo de carretera. Lamentablemente, esa información no existe, por lo que debe establecerse sobre la base de información indirecta. Creemos que un valor aproximado del 25 % se ajusta a una amplia variedad de situaciones. Los mensajeros a caballo pueden beneficiarse enormemente de la mejora de las superficies de las carreteras mientras que un pesado carro de bueyes en muchos tramos no apreciaría la diferencia de velocidad porque la restricción está hecha por animales de tiro. Un ahorro de tiempo del 75% por la mejora de un paso de montaña se convierte en sólo un 7,25% si el tramo de carretera es de 100 km y en un 2,25% si es de 300 km. El parámetro utilizado es un valor generoso que no subestima el efecto de las inversiones. En cualquier caso, los resultados son robustos frente a las variaciones de este parámetro, al menos en el rango del 15 % al 30 %.

La figura 11 muestra que prácticamente no hubo cambios en la accesibilidad de la red hasta bien entrado el siglo XIX, lo que significa que no hubo grandes variaciones en los costos de transporte de las diferentes regiones hasta que la interconexión de las nuevas carreteras permitió aprovechar al máximo sus posibilidades. El desarrollo de la red de carreteras recién pavimentadas no alteró la ventaja en los costos de transporte que el centro de la península había mostrado desde el siglo XVI. Sin embargo, como suele ocurrir, cada moneda tiene dos caras. Aunque hemos visto que el diseño no tuvo prácticamente ningún impacto a nivel del territorio, sí tuvo bastante impacto a nivel de las ciudades. De hecho, a partir de la competitividad regional, la ventaja relativa dentro de la región puede ser más importante que la ventaja absoluta a escala nacional.

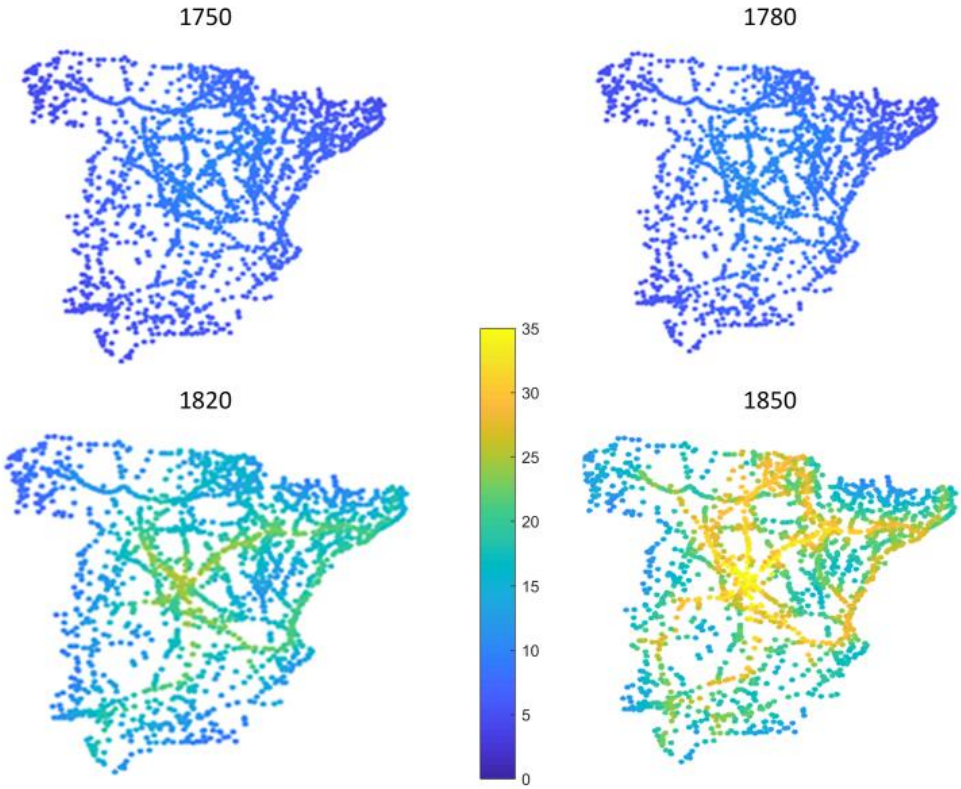


Figura 11 Efecto de la construcción de la red en la accesibilidad
La accesibilidad está en valores absolutos, se utiliza la misma escala para todos los mapas, y se calcula como se describe en el texto. Cada punto es una ciudad (nodo) que forma parte de la red de carreteras. El color indica el costo total en términos de tiempo para ir a todos los otros pueblos. El azul es la accesibilidad más baja y el amarillo la más alta.

En la figura 12 se muestra la situación relativa de los diferentes pueblos y ciudades en términos relativos, es decir, comparándolos con la accesibilidad de los nodos mejor comunicados en un momento dado. De esta manera, se pueden observar los cambios en las ventajas relativas del territorio. Antes de la construcción de las nuevas carreteras pavimentadas, las ventajas eran básicamente posicionales -estar cerca del centro del territorio-, pero posteriormente, pasan a depender de la proximidad de la red mejorada. Como podemos ver, estas variaciones son eminentemente locales y deben atribuirse a ciudades y pueblos concretos más que a regiones en su conjunto.

Desde una perspectiva más cuantitativa, las variaciones en la accesibilidad a nivel regional pueden estimarse a partir de los promedios ponderados de los valores de las ciudades integrantes. Sin embargo, la asignación de los cambios a nivel regional podría estar sesgada, dependiendo de si las regiones tienen cambios en sus territorios durante el período considerado (Arbia 2001). Entre 1700 y 1850 la división territorial de España experimentó importantes modificaciones como lo

atestiguan los mapas políticos de la época (Sanson y Tavernier 1641; Sanson 1700; Homann 1750; López de Vargas y Machuca 1802; Martín de López 1841) por lo que es necesario elegir una región invariable de referencia (Brown et al. 2005). Esta es una cuestión importante, ya que de ella dependerán los resultados de las agregaciones. El uso de la actual división territorial en el análisis no parece apropiado, ya que tanto las identidades locales como las fronteras internas que afectan al comercio en el siglo XVIII y la primera mitad del XIX no se corresponden exactamente con esta división (Figura A.III). Además, la consideración de Madrid y sus alrededores como una región separada de Castilla La Nueva es un hecho reciente que no se produce hasta 1983. Por ello, el mapa que hemos seleccionado como referencia regional para este trabajo es el de Sansón (1700) ya que se refiere al inicio del período analizado y es el mapa que Grimaldo (1720) utilizó para establecer sus rutas de postas. Con el fin de asignar las aldeas incluidas en el análisis a las diferentes regiones, se rectificó el mapa para ajustarlo a la realidad espacial del territorio.

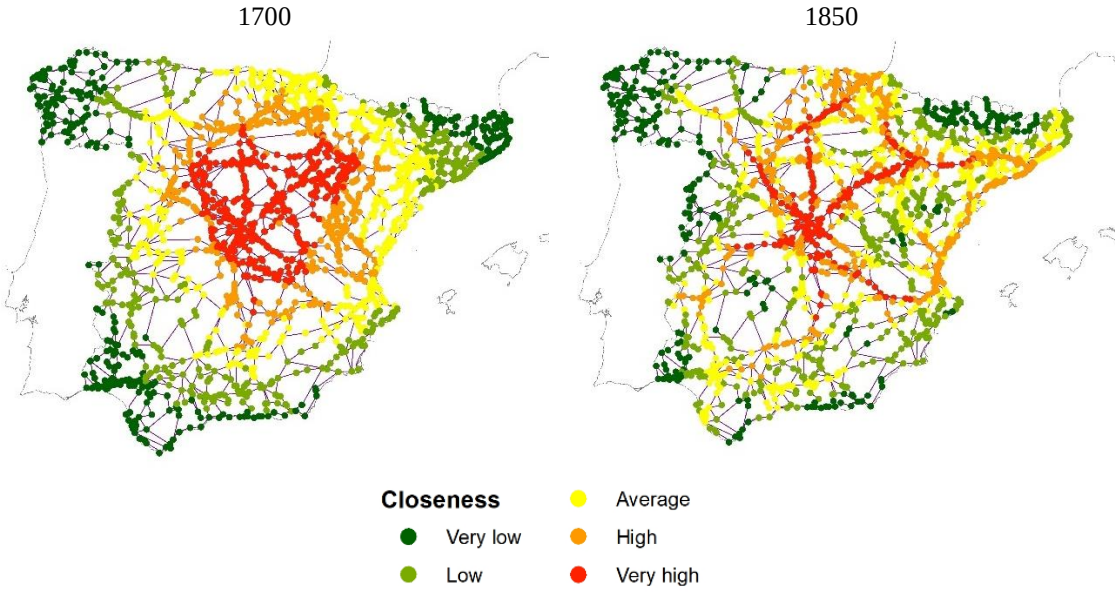


Figura 12 Accesibilidad relativa
Los valores indicados en los mapas son relativos al valor máximo de la accesibilidad en cada período. Los valores están codificados por el color, con verde oscuro para valores muy bajos, verde, para bajos, amarillo para medios, naranja para altos, y rojo para muy altos.

Los datos del cuadro 2 muestran cómo la accesibilidad general del territorio en 1850 era significativamente mayor que en 1700. A nivel nacional, el aumento fue cercano al 200%. Las diferencias regionales oscilan alrededor del 25% respecto la media y no muestran un patrón geográfico claro.

Tabla 2 Accesibilidad media por regiones

	1700	1750	1780	1820	1850	Crecimiento (1750-1850)	Desviación respecto a la nación
Andalucía	0.45	0.45	0.48	1.16	1.48	227%	13%
Aragón	0.62	0.62	0.64	1.24	1.66	168%	-16%
Castilla la Nueva	0.63	0.64	0.69	1.38	1.92	201%	0%
Castilla la Vieja	0.66	0.66	0.71	1.30	1.97	197%	-2%
Cataluña	0.47	0.47	0.49	1.28	1.63	247%	23%
Galicia	0.38	0.39	0.42	0.64	1.08	181%	-10%
Granada	0.46	0.46	0.50	0.88	1.38	197%	-2%
Guipúzcoa*	0.56	0.56	0.60	1.15	2.09	275%	37%
La Rioja*	0.63	0.63	0.66	1.04	1.96	211%	5%
Asturias	0.48	0.49	0.52	0.82	1.23	150%	-26%
León	0.58	0.58	0.63	1.12	1.57	169%	-16%
Murcia	0.51	0.51	0.56	1.11	1.46	186%	-8%
Navarra*	0.59	0.59	0.62	1.10	1.87	215%	7%
Valencia	0.56	0.57	0.61	1.31	1.75	209%	4%
Vizcaya*	0.58	0.59	0.64	1.12	1.99	237%	18%
ESPÂÑA	0.55	0.56	0.60	1.19	1.68	201%	0%
CV	0.14	0.14	0.14	0.17	0.18		
CV*	0.16	0.15	0.15	0.19	0.17		

Fuente: Elaboración propia
* El coeficiente de variación CV* se ha calculado tomando las regiones marcadas con un asterisco como una sola región.

El cuadro muestra que las dos Castillas, Valencia y Granada, ven poca variación en su accesibilidad relativa en relación con la media nacional. Algunas regiones costeras como Cataluña, Andalucía, Vizcaya o Guipúzcoa experimentan notables mejoras mientras que otras como Asturias, Galicia o Murcia empeoran. El resto de regiones del interior, León, Navarra y La Rioja tienen un comportamiento diverso. La evolución de la variabilidad de la accesibilidad regional, medida por el coeficiente de variación, muestra un ligero aumento durante el período estudiado, pasando de 0,14 a 0,18. Estos resultados están muy influidos por lo que sucede en las pequeñas regiones del norte que aparecen marcadas en el cuadro con un asterisco (Navarra, Guipúzcoa, Vizcaya y La Rioja). Su pequeño tamaño hace que la construcción de nuevas carreteras tenga un efecto muy fuerte en ellas ya que afectan a un porcentaje muy alto de su territorio. Si los agrupamos en una sola región, el coeficiente de variación se hace mucho más estable, pasando de 0,16 en 1700 a 0,17 en 1850.

Nuestro análisis nos lleva a concluir que la verificación de la hipótesis H2.A sobre si 'Las carreteras recién pavimentadas produjeron cambios importantes en la movilidad del territorio' es ambigua. Las carreteras mejoraron significativamente la accesibilidad de todo el país. Provocaron un cambio muy importante en la movilidad del territorio pero con una distribución espacial bastante homogénea que no generó grandes alteraciones en la posición relativa de las diferentes

regiones. No hubo cambios que convirtieran las zonas bien comunicadas en zonas malas o viceversa. Evidentemente, esto debe entenderse en un sentido relativo ya que todas mejoran.

En cambio, la hipótesis H2.B sobre los efectos positivos de la construcción de las nuevas carreteras pavimentadas se concentró en unas pocas regiones, principalmente Madrid y las regiones costeras, introduciendo una desventaja comparativa para las regiones del interior, puede ser rechazada por varias razones. En primer lugar, Madrid no existió como región hasta finales del siglo XX y, por lo tanto, hasta la institución de las provincias en 1833, sólo puede hablarse de ella como una ciudad dentro de la región de Castilla la Nueva. Ésta, al igual que Castilla la Vieja, apenas ve alterada su posición relativa en cuanto a accesibilidad. Es cierto que la ciudad de Madrid y algunos de los pueblos de su entorno experimentaron una importante mejora de sus comunicaciones, pero otras importantes ciudades de Castilla la Nueva ven como su posición relativa empeora en términos económicos, como veremos más adelante.

En segundo lugar, y más importante, las supuestas desventajas comparativas del centro respecto a las regiones periféricas no son generales -algunas regiones mejoran pero otras empeoran- y en promedio son prácticamente inexistentes.

Para ilustrar más claramente este punto, la figura 13 resume el cuadro 2 que clasifica las regiones según el crecimiento de su accesibilidad. Las regiones que muestran variaciones significativamente inferiores a la media están representadas en azul o verde pálido, mientras que las regiones que la superan están en rojo o naranja, y las que han crecido en torno a la media nacional están coloreadas en amarillo.

El mapa muestra cómo las regiones periféricas no mejoran su accesibilidad general con respecto a las del centro. Aunque hay regiones que mejoran, también hay regiones que empeoran.

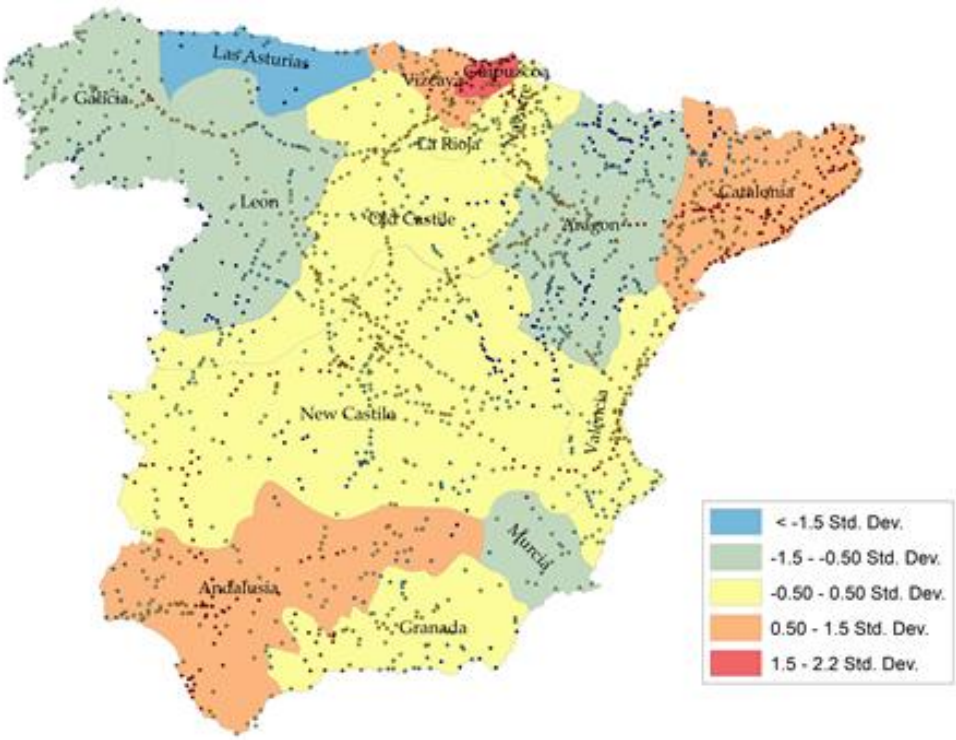


Figura 13 Accesibilidad por regiones y ciudades. Desviación del crecimiento medio (1750-1850). Los códigos de color se aplican tanto a las regiones como a las ciudades. Los valores numéricos de la accesibilidad media se recogen en el cuadro A.1 del apéndice.

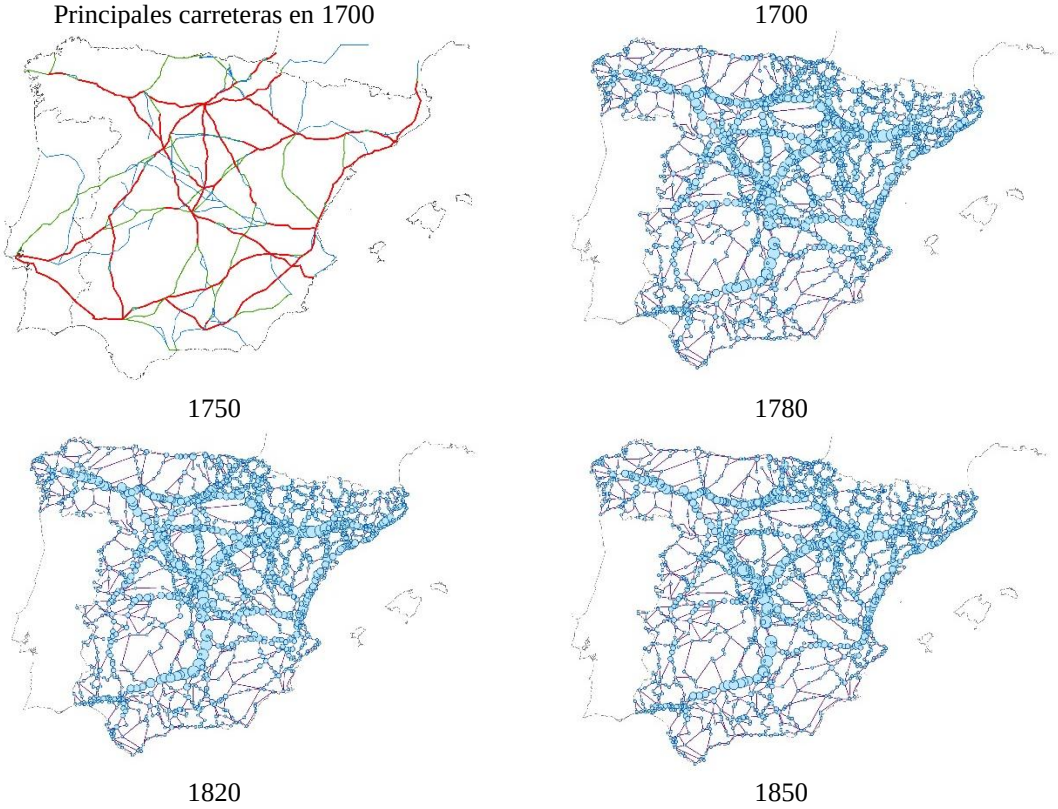
El origen marcadamente local de las variaciones en la accesibilidad del territorio puede observarse comparando el color de las regiones con el de las poblaciones que las componen. En muchas regiones, algunas zonas se comportan de manera muy diferente a la media regional y, por lo tanto, no son representativas de ellas.

Pasemos ahora al segundo indicador introducido anteriormente, la centralidad de intermediación, que arroja mucha luz sobre el impacto del diseño en las ciudades y muestra que los efectos de las inversiones en infraestructura no siempre son positivos. La centralidad de intermediación es el número de rutas óptimas que unen pares de ciudades y pueblos que pasan por una ciudad determinada. Se trata de un predictor del tráfico probable de personas y mercancías que pasan por un pueblo desde otros lugares (Barthelemy 2018). Al no ser una medida ponderada, no permite determinar con exactitud cuánto tráfico pasa por un pueblo, pero sí permite saber cuántos orígenes diferentes tienen los viajeros si siguen trayectorias óptimas en sus viajes. Estos datos son importantes desde el punto de vista económico ya que están correlacionados tanto con la llegada de los viajeros como con la variedad de productos que se comercializan en el pueblo y, por lo tanto, con la amplitud de su mercado.

Aunque cada vez que se mejora un camino aumenta, en mayor o menor medida, la accesibilidad de todos los nodos de la red, el cambio inducido en cuanto a la centralidad de la intermediación es un juego de suma cero que implica mejoras para algunos nodos y empeoramiento para otros.

Los cambios en el flujo de tráfico causados por las inversiones mejoran la situación de ciertos núcleos en la medida en que reciben más viajeros y mercancías por estar situados en un mayor número de rutas óptimas. Por el contrario, los núcleos que reducen su centralidad de intermediación pierden relevancia económica con la caída de los flujos de tráfico. Para estudiar esta cuestión y tener una referencia de cuáles eran las vías más importantes a principios del siglo XVIII, se integró la información de Anónimo y Pontón (1705), F. B. y Grieck (1704), y el mapa de Fer y Loon, (1701) de manera similar a como se hizo para reconstruir las redes de los siglos XVI y XVII. Como era de esperar, ambos mapas muestran grandes similitudes. Sólo destacan como diferencias la mejor conectividad con Portugal en la zona suroeste y la consolidación del eje transversal norte Santiago-Barcelona.

El análisis de los cambios en la centralidad de intermediación confirma que ya en 1700 la estructura del tráfico potencial de la red era radial y con el centro en Madrid (cf. Figura 14).



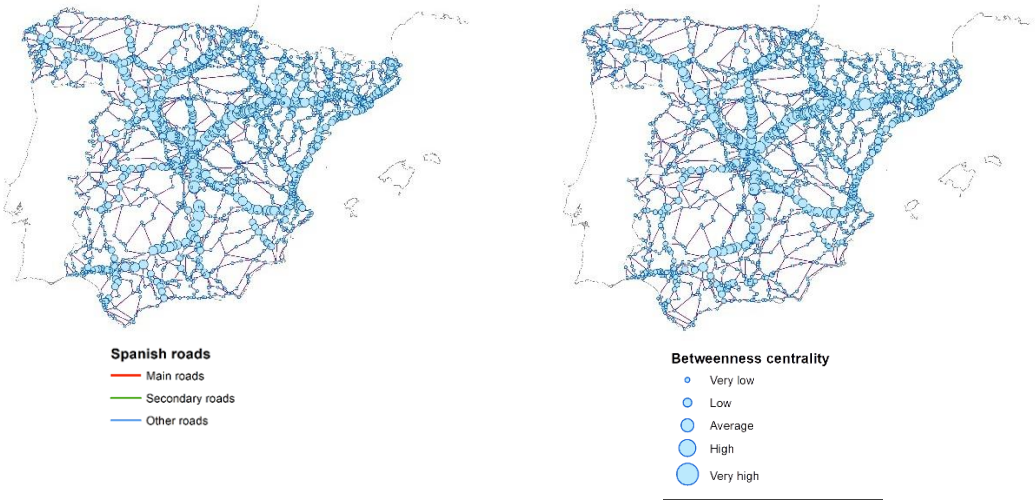


Figura 14 La centralidad de intermediación (1700-1840). Mapa superior izquierdo: en rojo las carreteras principales; en verde las carreteras secundarias, y en azul el resto de carreteras. Elaborado por los autores a partir de Anónimo y Pontón (1705), de F. B. y Grieck (1704) y del mapa de Fer y Loon, (1701). El resto de los mapas combinan la información sobre el desarrollo de la red de Madrazo (1984) con los cálculos de los autores sobre la centralidad. El tamaño de los círculos representa el valor de su centralidad.

Los seis ejes principales se complementaron con otros ocho: dos de ellos que van de norte a sur, la Vía de la Plata y el que sigue la costa mediterránea desde Barcelona a Alicante; otros dos, de este a oeste, el eje del Duero y el eje León-Zaragoza; y cuatro transversales, Burgos-Cáceres, Burgos-Cuenca-El Campillo, Zaragoza-Teruel-Sagunto y Albacete-Ciudad Real. Estos catorce ejes totalizaban alrededor de 7000 kilómetros, de los cuales los seis radiales representaban aproximadamente la mitad. La fuerte correlación entre la clasificación de las carreteras obtenida de fuentes históricas para 1700 y el mapa de centralidad de la intermediación construido a partir de una red de carreteras no ponderada es un fuerte apoyo para la hipótesis anterior de que en el siglo XVIII las diferencias entre las carreteras no se debían a diferencias de calidad sino a diferencias de tráfico. A partir de esta situación en 1700, el desarrollo de las infraestructuras en el período 1700-1850 supuso una mayor actividad comercial en las ciudades de los ejes radiales y, en consecuencia, una disminución de las situadas en los ejes complementarios, excepto las del Mediterráneo, que mantuvieron prácticamente inalterado su tráfico potencial, y las del eje Santiago-Barcelona, excepto en el tramo central León-Logroño. El punto clave aquí es que estos cambios también se producen a nivel territorial, y los nodos que eran muy importantes dentro de una región también pierden poder o relevancia frente a otros nodos que se están convirtiendo en centros locales.

En el cuadro 3 se muestra la evolución de la concentración de la centralidad de intermediación por regiones. Las inversiones en infraestructura hicieron que el tráfico potencial se concentrara cada vez más en el pequeño número de ciudades por las que discurrían las nuevas carreteras. En el plano nacional, las nuevas carreteras dieron lugar a un aumento de la concentración de la

centralidad de la intermediación en un 20%, de 0,67 a 0,81. La reducción de los coeficientes de variación del índice de Gini indica una tendencia a homogeneizar la concentración de centralidad entre las regiones, lo que sugiere que los cambios se produjeron principalmente a nivel de las ciudades y no a nivel regional.

Cuadro 3 Concentración de la centralidad de intermediaciación por regiones (Índice de Gini)

	1700	1750	1780	1820	1850	Crecimiento (1750-1850)
Andalucía	0.73	0.73	0.75	0.80	0.83	13.7%
Aragón	0.65	0.65	0.67	0.80	0.80	24.1%
Castilla la Nueva	0.66	0.67	0.75	0.85	0.82	22.1%
Castilla la Vieja	0.54	0.55	0.62	0.81	0.77	40.0%
Cataluña	0.66	0.66	0.66	0.78	0.78	17.4%
Galicia	0.78	0.79	0.79	0.80	0.80	1.8%
Granada	0.54	0.54	0.54	0.64	0.76	41.9%
Guipúzcoa*	0.67	0.65	0.63	0.78	0.79	21.2%
La Rioja*	0.42	0.41	0.39	0.57	0.54	30.6%
Las Asturias	0.46	0.48	0.48	0.56	0.62	28.5%
León	0.55	0.56	0.57	0.72	0.79	40.9%
Murcia	0.34	0.34	0.34	0.58	0.61	76.6%
Navarra*	0.68	0.67	0.70	0.73	0.77	14.4%
Valencia	0.66	0.66	0.66	0.73	0.72	10.2%
Vizcaya*	0.66	0.67	0.68	0.80	0.80	20.4%
ESPAÑA	0.67	0.68	0.71	0.82	0.81	20.1%
CV	0.20	0.19	0.20	0.13	0.11	
CV*	0.19	0.19	0.20	0.12	0.09	

Fuente: Elaboración propia
* El coeficiente de variación CV* se ha calculado tomando las regiones marcadas con un asterisco como una sola región.

De hecho, el efecto claro del desarrollo de la red de carreteras en las diferentes ciudades se representa en la figura 15. Las gráficas muestran el cambio de accesibilidad y de centralidad de intermediación para algunas de las principales ciudades en el período 1700-1850. El panel superior muestra la evolución de la centralidad de la accesibilidad y la intermediación para las principales ciudades a medida que se realizan mejoras en la red de carreteras. Es interesante ver cómo la accesibilidad siempre mejora, pero la centralidad del intermediación puede reducirse repentinamente como resultado de los cambios en los flujos de tráfico. El panel central de la figura 15 resume los gráficos anterriores y demuestra que, en términos relativos, la ciudad que más se benefició de las obras de las carreteras en este período fue Barcelona, seguida a cierta distancia por Madrid, Granada y Córdoba.

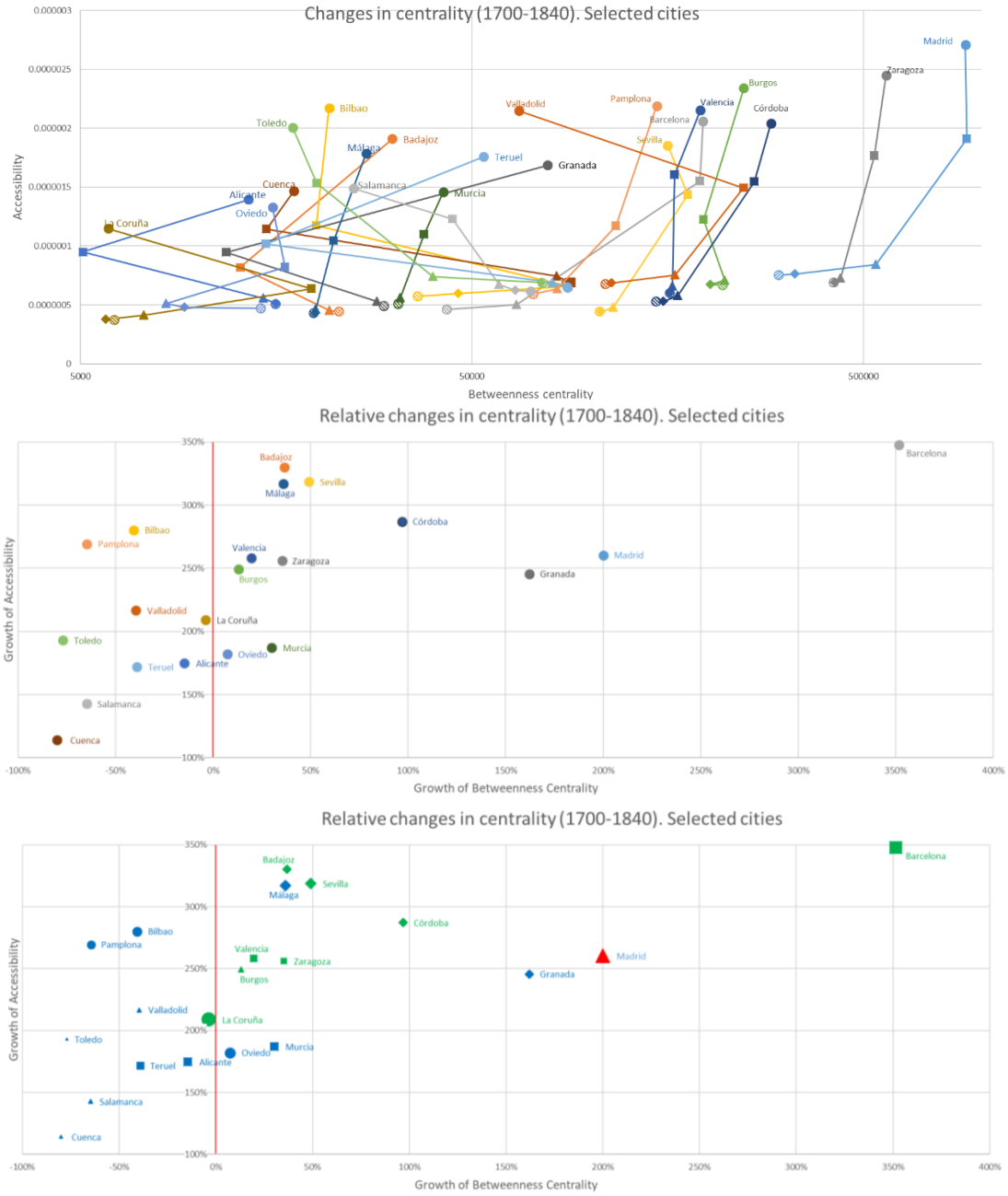


Figura 15 Mejoras en la red de carreteras y cambio en la accesibilidad y la centralidad de intermediación (1700-1850). El panel superior muestra la evolución temporal. Los círculos rayados representan el punto de partida en 1700, los diamantes corresponden a la situación después de las primeras inversiones en 1750, los triángulos a 1780, los cuadrados a 1820 y los círculos a 1850. Los colores corresponden a las diferentes ciudades como se indica en el gráfico. El panel central muestra los cambios relativos en la centralidad en el período considerado. El código de colores es el mismo que en el panel superior. El panel inferior es igual que el anterior pero las ciudades se muestran en verde si están incluidas en las carreteras radiales y en azul en caso contrario (Madrid se muestra en rojo como centro). La forma de los símbolos indica lugares geográficos amplios: triángulos en el centro de la península, más o menos Castilla, cuadrados en el Este (Corona de Aragón y Murcia), diamantes para el Sur (Andalucía y Extremadura), y círculos para el Norte (Galicia, Asturias, País Vasco y Navarra). El tamaño del símbolo representa la distancia a Madrid.

.

En cambio, para el resto de las ciudades, la centralidad de la intermediación permaneció básicamente constante o incluso se redujo, restringiéndose las mejoras a su accesibilidad. Se proporciona información adicional en el panel inferior de la figura 15, en el que las ciudades

conectadas a través de carreteras radiales están representadas con símbolos verdes, y en el resto se muestran en azul (Madrid está resaltada en rojo), con el tamaño del símbolo indicando la distancia a Madrid. Se puede ver en este gráfico que las ciudades que más se beneficiaron de la actividad de construcción de carreteras en el período son las que están lejos del centro, y por supuesto las que se encuentran a lo largo de las carreteras radiales. El beneficio proviene principalmente del aumento de la accesibilidad, lo que significa que su distancia a las ciudades de la red disminuye en general, más que de la centralidad de intermediación, ya que estar en la periferia les hace muy difícil estar en muchos de los caminos más cortos. De nuevo, el caso de Barcelona es especial en este sentido, con un gran aumento de la centralidad de intermediación debido a las mejoras a lo largo de la costa mediterránea, así como en la conexión con Zaragoza, lo que hacía más ventajoso viajar del Este a Madrid a través de Barcelona y Zaragoza.

Como se ha señalado anteriormente, un punto muy importante que hay que señalar en relación con este análisis es que las variaciones en la centralidad de intermediación no siempre son positivas, como se muestra en el panel superior de la figura 14. De hecho, pueden cambiar de signo cuando se produce un nuevo desarrollo de la red. Por ejemplo, Teruel vio cómo las nuevas carreteras reducían el tráfico potencial que pasaba por ella hasta 1820, cuando la puesta en marcha del eje Zaragoza-Sagunto le permitió recuperar buena parte de la centralidad perdida. El caso contrario es el de Valladolid. Hasta 1820 su posición mejoró ligeramente, pero la finalización de las conexiones radiales con Burgos y Benavente supuso una drástica reducción de las ventajas de su posición. Aún más dramáticos son los casos de Toledo y Cuenca, claros ejemplos de cómo el desarrollo de infraestructuras puede llevar a las ciudades a la irrelevancia logística. Toledo ya había perdido buena parte de sus ventajas de posición con la apertura de la carretera directa al sur por Aranjuez, pero el desarrollo de la carretera a Andalucía significó una reducción de su centralidad a medida que se construía. El cierre de la carretera de Valencia por el camino Utiel-Requena en 1820 significó un grave deterioro de la centralidad de Cuenca que ya se había ido agravando desde el inicio del desarrollo de la red. La construcción en 1850 de una gran parte de la conexión con la carretera de Barcelona sólo supuso una reducida recuperación del tráfico potencial, ya que sólo consiguió redirigir el tráfico generado en torno a Guadalajara. Se trata de un aspecto que apenas tienen en cuenta los responsables de la toma de decisiones y la ciudadanía en general, no sólo en los siglos XVIII y XIX, sino también en la actualidad: si bien la mejora de las carreteras siempre conlleva un aumento de la accesibilidad (los tiempos de viaje sólo pueden disminuir gracias a las mejoras de las carreteras), su efecto sobre la centralidad de intermediación y, por tanto, sobre la relevancia de una ciudad para muchos aspectos importantes, por ejemplo, como centro de comercio, no es en absoluto trivial y puede ser positivo o negativo. La mayor relevancia de la centralidad de intermediación frente a la accesibilidad cuando se aprovechan las nuevas carreteras se pone de relieve en Ghani, Goswami y Kerr (2016) para la India. Aunque las

nuevas carreteras mejoran la accesibilidad de manera bastante homogénea en el territorio, la mayoría de los beneficios los obtienen las ciudades situadas en la carretera.

Esto puede verse además en la figura 16, que muestra una visión general de cómo el desarrollo gradual de la red alteró la centralidad de las aldeas a medida que se desarrollaban las diferentes fases. Estos resultados son consistentes con los obtenidos recientemente por otros autores (Berger y Enflo 2017) en el sentido de que el desarrollo de la infraestructura de transporte no necesariamente genera convergencia territorial y que los choques transitorios generan dependencia de la ruta en la ubicación de la actividad económica (Bleakley y Lin 2012; Jedwab y Moradi 2016; Jedwab, Kerby y Moradi 2017).

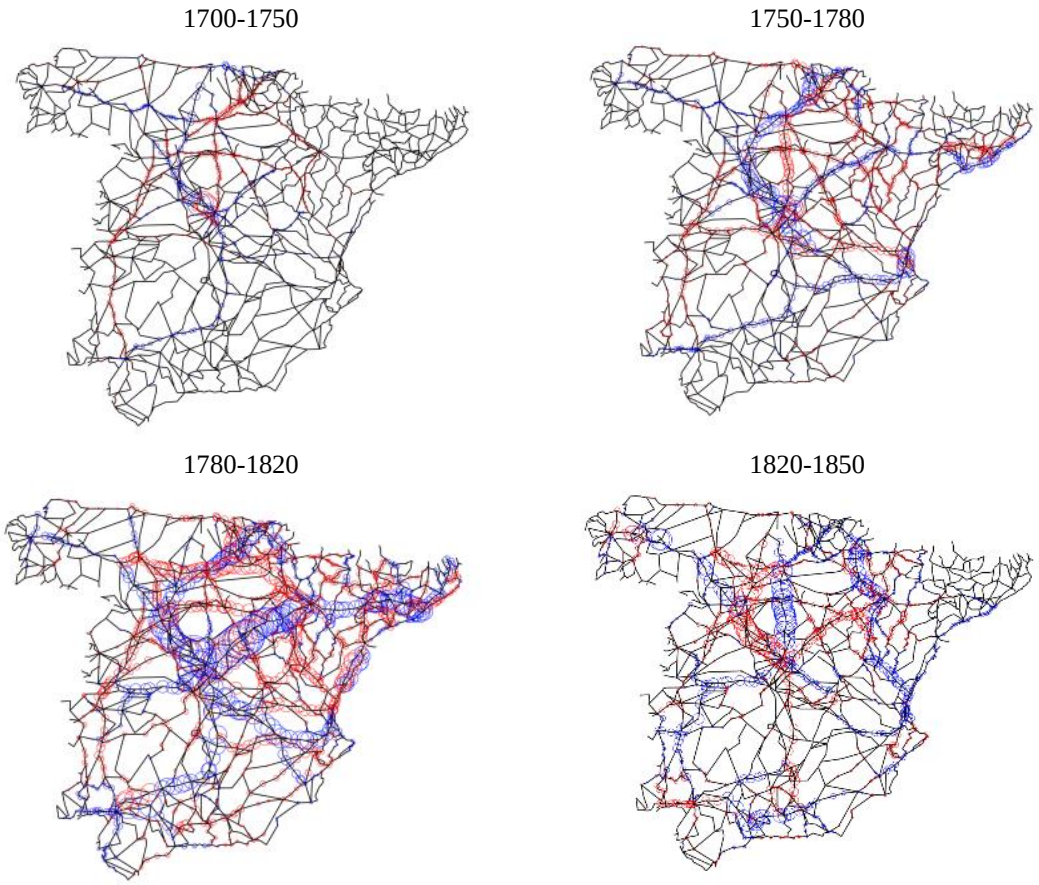


Figura 16 Cambios en la centralidad de intermediación debido a las nuevas carreteras.
Los nodos de la red se muestran como círculos, mientras que los colores indican un cambio en la intermediación, habiendo experimentado los nodos azules (rojos) un aumento (disminución) de la intermediación. El tamaño de los círculos representa el tamaño del cambio.

Por último, consideremos la hipótesis H2.C, a saber, que "los efectos se produjeron principalmente a nivel de las ciudades, no tanto de la región". A la luz de nuestro análisis de las centralidades, tenemos que concluir que la hipótesis H2.C se confirma. Aunque las mejoras en materia de accesibilidad se repartieron territorialmente de manera bastante homogénea, las mejoras de la red de carreteras modificaron significativamente los flujos comerciales, lo que hizo que las ciudades y pueblos situados a lo largo de las carreteras ganaran importancia en detrimento

de otras ciudades. Este fenómeno es particularmente intenso al principio del desarrollo de la red cuando el número de rutas mejoradas es bajo porque genera una concentración más intensa del tráfico. A medida que aumenta la concentración, las ventajas de estas ciudades se reducen desde el punto de vista logístico pero pueden mantenerse gracias a la dependencia de la trayectoria (*path dependence*). Las ventajas temporales pueden hacer que las ciudades desarrollen ventajas permanentes como el tamaño de la población, el establecimiento de ferias o simplemente el desarrollo de hábitos de viaje que mantengan el tráfico en las mismas rutas a pesar de la existencia de nuevas alternativas. Esto significa que desde el punto de vista de la política económica, puede ser conveniente alterar la secuencia óptima en la construcción de la red dando prioridad a los tramos menos eficientes si se quiere lograr un reequilibrio territorial (Pablo-Martí y Sánchez 2017).

En la figura 17 se resumen los efectos de las mejoras de la red vial en las desigualdades a nivel regional mediante un análisis de convergencia β (Barro y Sala-i-Martin 1992). En resumen, la β-convergencia es un procedimiento que permite cuantificar el grado de convergencia en la accesibilidad. El eje horizontal muestra la accesibilidad regional en 1750 como una desviación del promedio nacional y el eje de ordenadas muestra el crecimiento medio de la accesibilidad en el período 1750-1850, también como una desviación del promedio nacional. El bajo valor de la pendiente de regresión (0,08) y su escaso poder explicativo (R2=0,0016) sugieren que la construcción de la red no implicó variaciones importantes en las diferencias interregionales. El potencial efecto equilibrador del menor crecimiento de la accesibilidad en las regiones del interior (en amarillo en el gráfico) fue compensado por comportamientos muy diferentes entre las regiones costeras. Además, el tamaño de los puntos indica la variación de la concentración intrarregional medida por el índice de Gini de la centralidad de intermediación.

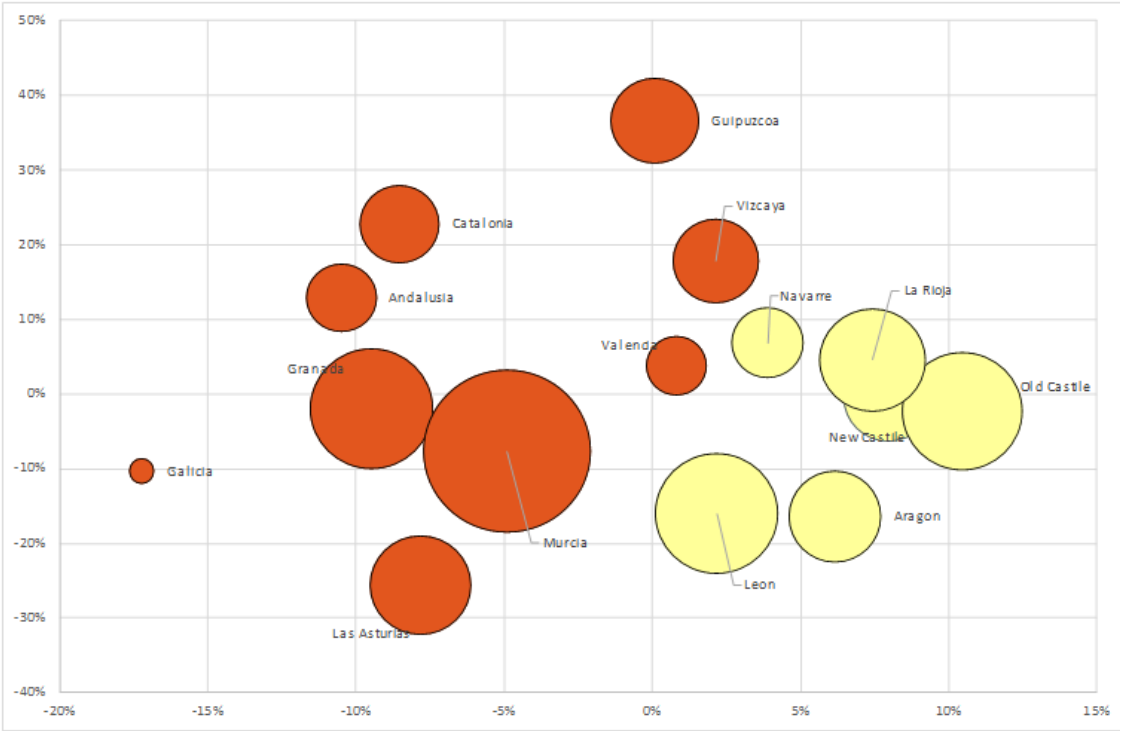


Figura 17 Accesibilidad. β-convergencia entre regiones (1750-1850).

4.3 Un diseño eficiente

Por último, pero no menos importante, consideramos si el diseño de la red radial que se eligió en la segunda mitad del siglo XVIII, y especialmente en la primera mitad del siglo XIX, se basaba en la racionalidad económica o si, por el contrario, sólo pretendía alcanzar ciertos objetivos políticos y administrativos. Para ello, se comparará la red empírica con la que habría surgido a través de procesos de decisión descentralizados que buscaban una mayor eficiencia en el sistema de transporte.

4.3.1 Un modelo de simulación basado en agentes para el diseño de redes de transporte óptimas

No parece adecuado hablar de un criterio único de optimización de las redes de transporte, sino de muchos, ya que la definición de la optimización depende tanto de los objetivos fijados como de los responsables de la toma de decisiones. Así pues, la evaluación final estará determinada por el proceso de adopción de decisiones y, en general, por el sistema de agregación de preferencias utilizado. Por lo tanto, no es posible determinar si el sistema de transporte con su centro en Madrid que comenzó en el siglo XVIII, es el óptimo: la manera adecuada de enmarcar esta cuestión es preguntarse si se encuentra entre las opciones más razonables para una amplia gama de supuestos. Como la elección de los criterios para optimizar y el sistema de toma de decisiones puede ser muy diferente y estar influida por muchos juicios subjetivos, decidimos desarrollar un modelo general

que permita evaluar diferentes opciones para las redes de transporte mediante un análisis contrafacutal para obtener conclusiones válidas en la más amplia gama posible de situaciones. Esta investigación está en consonancia con la aplicación cada vez más frecuente del análisis contrafactual mediante simulaciones informáticas en el estudio de las redes de transporte, aunque a día de hoy todavía sea incipiente. Esos enfoques han sido objeto de dos críticas importantes en el pasado, pero ya no son válidos en gran medida (Casson 2009), como se expone a continuación.

A menudo se ha argumentado que las simulaciones informáticas no pueden ser lo suficientemente detalladas para que el contrafactual permita una comparación fiable con la realidad. Sin embargo, la disponibilidad actual de fuentes de información y la capacidad de cálculo hacen que esta tarea sea plenamente posible. Proyectos como AIMSUM (Barceló et al. 2005) o MATSIM (Horni, Nagel y Axhausen 2016) muestran cómo los sistemas de simulación actuales permiten un enfoque mucho mejor de la realidad que con los métodos tradicionales. Por otro lado, se ha señalado que la simulación no permite acercarse lo suficiente a la realidad ya que ignora importantes limitaciones físicas o tecnológicas que pueden alterar seriamente el análisis. Esta crítica no tiene en cuenta una de las características más positivas de este enfoque y es que la simulación, a diferencia de otras metodologías, permite incorporar nuevas restricciones a medida que se hacen necesarias sin tener que alterar sustancialmente el marco conceptual. Básicamente, estas dos objeciones son superadas en gran medida por modelos con suficiente granularidad y versatilidad que pueden ser ejecutados eficientemente gracias a las grandes infraestructuras informáticas disponibles hoy en día. Esto hace que la simulación informática sea una de las formas más adecuadas para analizar la formación y evolución de las redes de transporte, especialmente en entornos con escasa información como el análisis histórico.

Un enfoque alternativo podría ser el uso de técnicas bio-inspiradas, que en los últimos años han experimentado un notable desarrollo. Así, Nakagaki, Yamada y Tóth (2001) mostraron las capacidades de computación del moho de fango–physarum polycephalum para resolver los problemas de determinación de los caminos óptimos. Los resultados obtenidos mostraron una estructura comparable a la real en términos de eficiencia, tolerancia a los fallos y coste de transporte. Esta metodología se ha aplicado ampliamente para el análisis de las redes de transporte y últimamente también en el análisis histórico (Strano, Adamatzky y Jones 2012; Adamatzky 2012; Evangelidis et al. 2015). La evolución de la red de carreteras españolas también ha sido analizada meidante el moho del fango (Adamatzky y Alonso-Sanz 2011). Sin embargo, esta metodología presenta serios problemas para su aplicación directa en casos prácticos que van más allá de meros marcos conceptuales dada la alta sensibilidad de los resultados a las variaciones en la difusión de los quimio-atrayemtes que determinan el desarrollo del plasmodio. Para evitar estas

limitaciones, la biosimulación está siendo sustituida por simulación informáticas que utilizan autómatas celulares (Tsompanas, Sirakoulis y Adamatzky 2016).

4.3.2 Criterios para decidir sobre las mejoras

Una vez que elegimos trabajar con simulaciones informáticas, el siguiente paso es establecer criterios razonables para el desarrollo de la red de carreteras y observar si los resultados derivados de nuestro enfoque en cada uno de los criterios difieren significativamente de los observados en la realidad. Para ello nos basamos en un modelo de generación de redes de transporte óptimas desarrollado por Pablo-Martí y Sánchez (2017), que permite mejorar la selección de los tramos a partir de una red preexistente para obtener el máximo beneficio desde una perspectiva global basada en las preferencias individuales de cada uno de los agentes, los criterios de optimización y el sistema de votación.

El modelo parte de la situación de la carretera en un momento dado y construye la carretera mejorada eligiendo un segmento a la vez según los diferentes criterios. Para la aplicación de interés aquí, es decir, la optimización de las mejoras de la red de carreteras españolas durante los siglos XVIII y XIX, recurrimos como red preexistente a la construida a partir de la información del mapa de Valk (1704) y de los itinerarios de Anónimo y Pontón (1705), de F. B. y de Grieck (1704), como se mencionó más arriba, compuesta por 2343 tramos de carretera independientes. Aunque el modelo permite establecer cualquier tipo de agente decisior, en este caso, los agentes son los 1815 pueblos considerados, es decir, los nodos de la red. Las ponderaciones de la influencia de cada uno de los nodos en los procesos de selección se hicieron en función de los costes de transporte y de la población. Para las ciudades más grandes, el 12,5% del total, se utilizó la información demográfica proporcionada por Correas (1988) como aproximación a esta variable. Para todos los demás casos se utilizaron marcadores de clase según la categorización utilizada por Valk (1704) en su mapa.

El cálculo de las rutas óptimas se realiza aplicando el algoritmo de Dijkstra (Dijkstra 1959). Cada nodo explora las diferentes rutas alternativas que lo unen con los demás nodos y selecciona los itinerarios que implican un menor coste de transporte. A modo de ejemplo, en la figura 18 se presenta la red que elegirían tres ciudades si la decisión se tomara sólo en su beneficio. Obsérvese cómo se generan las estructuras de árbol en todos los casos, distribuidas radialmente, y a partir de cada uno de los nodos. Sin embargo, estas estructuras óptimas tienen pocas secciones en común. Por ello, la construcción de una red razonable que agregue las preferencias de todos los nodos se realiza a continuación mediante un sistema de votación que utiliza diferentes puntos de vista.

Figura 18 Las redes óptimas dependen de la ciudad a la que se refieren.
Cálculo de las redes óptimas para tres ciudades: Barcelona, Sevilla y Valladolid utilizando el procedimiento descrito en el texto, basado en el algoritmo de Dijkstra (1959).

En lo que sigue, y en aras de la simplicidad, el costo total del transporte se expresa en el modelo en términos de tiempo, aunque sería posible utilizar otros criterios como los monetarios. En cuanto al tráfico, se hace una estimación mediante modelos gravitacionales que tienen en cuenta tanto el tamaño del par de nodos considerados como la distancia al cuadrado que los separa. A partir de esta información, cada nodo elige en cada período la sección que le sería más conveniente para mejorar su accesibilidad al resto de los nodos, y la sección que produciría el mayor aumento de su tráfico. Para ello, cada nodo calcula la variación del tiempo total de transporte y tráfico que resultaría de la mejora de cada uno de los tramos en los que aún no se ha producido, eligiendo, en el primer caso, el que más lo minimiza y, en el segundo, el que más lo maximiza. Así, los agentes buscan maximizar los beneficios derivados de la mejora de la red sin tener en cuenta la conducta del resto de los agentes, por lo que el comportamiento estratégico o colusorio no se considera en el modelo.

La generación de la red mejorada se realiza a través del siguiente proceso iterativo. En primer lugar, cada nodo distribuye su voto entre todas las secciones en proporción al beneficio que aporta como se ha comentado anteriormente. A continuación, se selecciona y mejora el tramo que ha obtenido más apoyo. La mejora de una sección del modelo significa que el tiempo de viaje entre las dos ciudades de la sección se reduce en un 25 por ciento como se hace en la sección 4.2. Una vez hecho esto, los agentes votan de nuevo entre el resto de las secciones, seleccionando sucesivamente las secciones a mejorar hasta que no haya más o se agote el presupuesto establecido. Siendo este un proceso secuencial, las primeras inversiones realizadas afectan a las decisiones posteriores en un claro ejemplo de dependencia de la trayectoria (*path dependence*) . Queremos destacar que esto no significa necesariamente que el proceso no sea óptimo, ya que difícilmente un diseño que se realizara de una sola vez dificlmente sería coherente por lo que los treamos estarían desconectados y las ventajas de la red se verían mermadas. Incluso si el resultado fuera óptimo, se vería muy afectado por las variaciones en el presupuesto o por los cambios en el proyecto. Si la red prevista no se completara por algún motivo o, por el contrario, tuviera que

ampliarse, se obtendría una red subóptima. La aprxoimación secuencial asegura que el diseño sea óptimo para el nivel de desarrollo e inversión alcanzado.

Para evaluar la optimización de la red teniendo en cuenta diversos objetivos económicos, se establecieron tres sistemas de votación:

A. Igualdad de poder de voto. Todas las ciudades tienen el mismo poder de voto y su objetivo es simplemente reducir el tiempo de viaje al resto de las ciudades. Para ello, cada ciudad calcula el tiempo de viaje a cada una de las otras aldeas para cada una de las alternativas de mejora de la red. Una vez estimadas las ventajas, distribuyen sus votos entre las diferentes alternativas en proporción a los beneficios esperados. A diferencia de otros trabajos (Adamatzky y Alonso-Sanz 2011; Urbano 1972; Vanoutrive, De Block y Van Damme 2018) este procedimiento implica un intenso esfuerzo de cálculo ya que cada pueblo debe estimar las rutas óptimas y los consiguientes costes de transporte o modelos gravitacionales para cada uno de los otros 1814 pueblos, para cada uno de los 2343 tramos mejorables, para cada una de las 300 inversiones y los tres sistemas de votación. Esto significa un total de $1{,}1 \times 10^{12}$ rutas óptimas, cálculos de los costes de transporte y estimación de los modelos gravitacionales.

Este criterio de selección eminentemente territorial llevaría a una red óptima para la transmisión de noticias en un país donde no existe infraestructura de telecomunicaciones. Sin embargo, sería inapropiado si el objetivo fuera promover la actividad comercial entre grandes centros de población, ya que este criterio no tiene en cuenta la importancia del tráfico entre nodos. Sería el idóneo, por ejemplo, para definir los caminos de posta.

B. Poder de voto ponderado por la población. En este caso, los pueblos y ciudades también tratan de reducir el tiempo de viaje al resto de las localidades. El proceso de votación es similar al del caso anterior, pero el poder de voto de cada ciudad se pondera en función de su población. Este criterio tiene menor aplicabilidad económica que los otros dos en la medida en que se considera la actividad comercial, pero sólo parcialmente porque no se incluye el efecto negativo de la distancia entre las localidades. Este es el caso más frecuente en áreas como la difusión cultural más que en el comercio y el transporte. La distribución por lugar de publicación de los libros en una biblioteca, por ejemplo, depende más de la importancia económica y cultural de las ciudades que de su distancia.

C. Votación orientada al tráfico. Las ciudades tratan de maximizar el tráfico de mercancías reduciendo el coste de transporte en los tramos de carretera más utilizados. Sería el sistema más adecuado para captar los aspectos económicos de la red. Cada ciudad estima mediante modelos gravitacionales, el efecto que tendría en su comercio con el resto de las ciudades la mejora en cada tramo de carretera.

Es evidente, una vez más, que las estructuras racionalmente óptimas desde el punto de vista económico son múltiples (Kolars y Malin 1970; Rietveld y van Nierop 1995) y dependen de los objetivos fijados por los responsables de la toma de decisiones que intervienen y del sistema elegido para alcanzar el consenso. En la figura 19 se muestran los resultados obtenidos utilizando los tres criterios indicados anteriormente para 300 secciones mejoradas, que representan el 12,8% de la red inicial. Para un vídeo que ilustra el proceso de formación de la red, véase https://vimeo.com/362753400/d23a0dcabb. Las tres simulaciones ofrecen resultados muy similares, lo que indica que la red obtenida es bastante robusta con respecto a las variaciones de los criterios de decisión. Por lo tanto, es una red adecuada desde el punto de vista de la movilidad de las personas, la transmisión de noticias y el tráfico de mercancías.

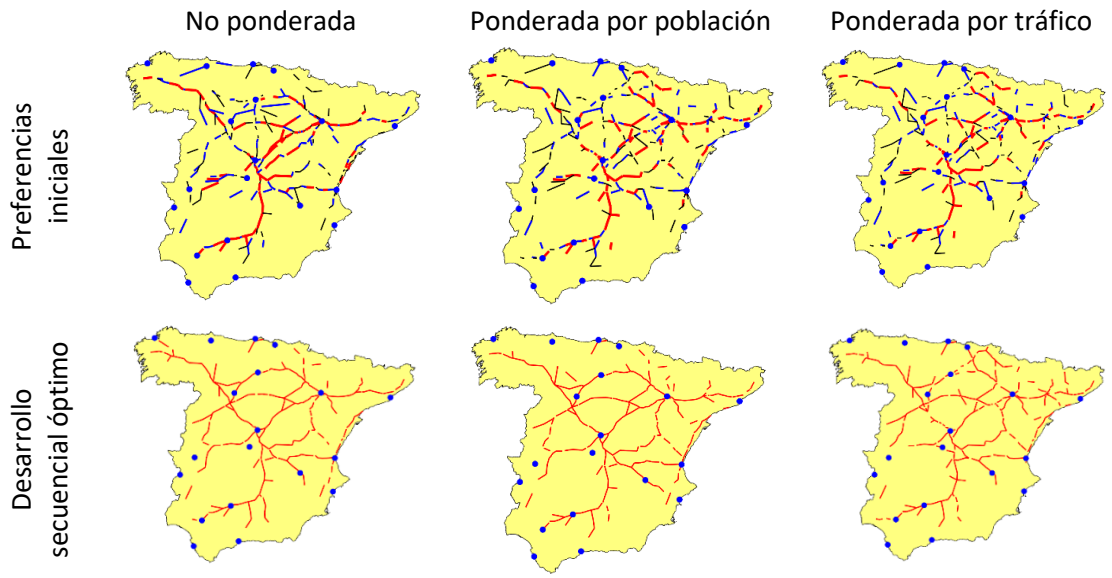


Figura 19 Redes de transporte óptimas para el siglo XVIII según los tres procedimientos de votación que se discuten en el texto. Preferencias iniciales (arriba) y desarrollo secuencial óptimo (abajo). Los mapas de la parte superior muestran las preferencias iniciales de las poblaciones según los tres criterios. Las 300 secciones de mayor preferencia están marcadas, por orden de importancia, en rojo, azul y, finalmente, en negro. El resultado final es bastante representativo de la estructura de preferencias iniciales, pero muestra un mayor nivel de coordinación.

La gran similitud de las redes generadas por la simulación con la red a principios del siglo XVIII puede evaluarse comparando ambas redes, como se muestra en la figura 20. Esto también permite concluir que son correctas tanto la hipótesis H3.A, "si la red radial diseñada por los monarcas borbónicos de la segunda mitad del siglo XVIII puede surgir de un proceso de toma de decisiones distribuido en el que se tengan en cuenta todas las poblaciones de la nación de manera no discriminatoria", como la H3.B, "se determina si los criterios militares, políticos o administrativos esbozados por diversos autores son compatibles con la maximización del tráfico comercial".

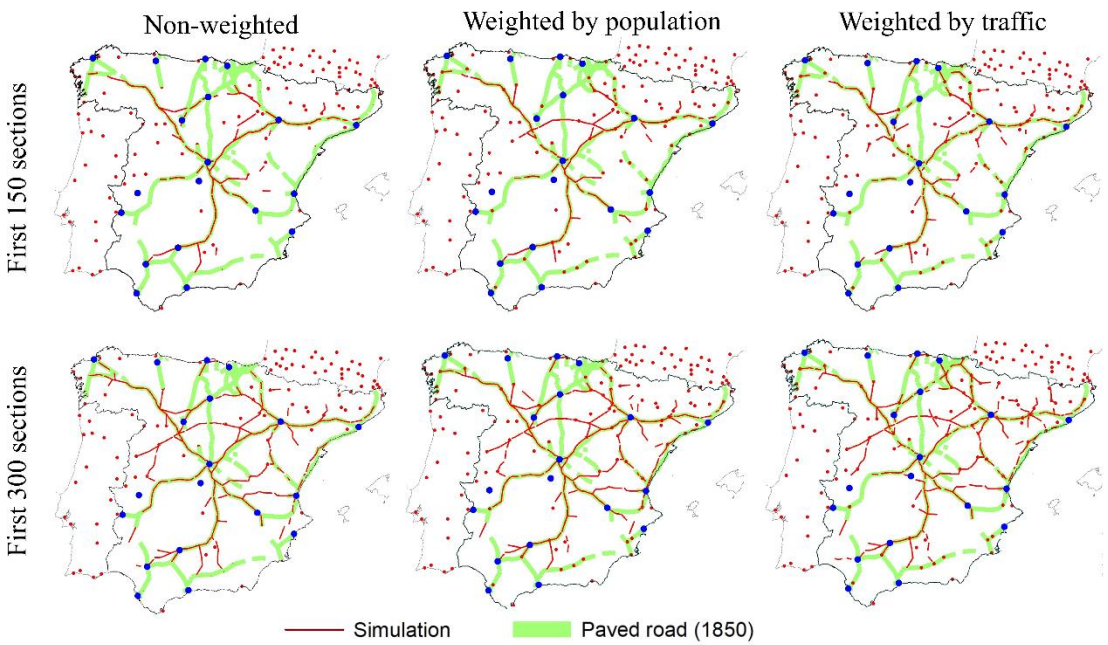


Figura 20 Comparación de la subred de carreteras pavimentadas simulada con la construida para 1850. En rojo los resultados de la simulación; en verde carreteras pavimentadas alrededor de 1850.

Estos resultados proporcionan pruebas de que el diseño radial seguido por el sistema de carreteras español durante la dinastía de los Habsburgo, y que más tarde se utilizó en el siglo XVIII para establecer los caminos de posta y las carreteras pavimentadas de los Borbones, fue considerablemente eficiente, a pesar de haber surgido de forma descoordinada y espontánea. La principal diferencia observada entre la realidad y las simulaciones es la falta de conexión directa con Francia por parte de Irún. Esta ruta postal, la Mala, no aparece en la simulación porque, como ya se ha dicho, el modelo aplicado sólo considera las conexiones nacionales. Los efectos portuarios y fronterizos no se incluyeron en las ponderaciones de las poblaciones periféricas porque no se disponía de información fiable sobre la magnitud de los efectos. Este diseño de la red de transporte ha seguido siendo en gran medida válido, como lo demuestra su posterior utilización tanto en el despliegue de la red ferroviaria en el siglo XIX como en las redes de carreteras y de trenes de alta velocidad del siglo XX.

En cuanto a las cuestiones planteadas en la introducción sobre la naturaleza del proceso dinámico, podemos concluir que el desarrollo de la red coincide en gran medida con las limitaciones territoriales del país. Es decir, puede explicarse en gran medida por los parámetros iniciales. En la medida en que el criterio de construcción fue eminentemente pragmático, se mejoraron los tramos de mayor uso de forma endógena y sin intervención. Sin embargo, el desarrollo de la red en respuesta a estos factores determinantes no era la única alternativa. Se podría haber elegido otro diseño de red o haber seguido un ritmo o una secuencia diferente que hubiera dado resultados

distintos, especialmente por la importancia relativa de las ciudades y los flujos de transporte, por lo que puede considerarse un verdadero proceso dependiente de la trayectoria (*path dependence*).

5 Conclusiones

En este trabajo hemos presentado una metodología combinada que incorpora técnicas de SIG, ciencia de redes y modelización basada en agentes, ejemplificada a través de su aplicación para comprender la evolución de la red de carreteras en España en el período 1700-1850. Como primer resultado, nuestra revisión exhaustiva de la literatura disponible aprovechando la disponibilidad de mapas digitalizados de la época ha permitido una descripción de las carreteras de ese período con un detalle y una precisión sin precedentes, en particular de la situación a principios del siglo XVIII (Figura 6). Sobre la base de la recopilación y del procesamiento de esos datos, hemos evaluado críticamente varias afirmaciones que han sido ampliamente debatidas en la literatura sin llegar a una conclusión definitiva. En esta sección, resumimos nuestras conclusiones con respecto a esas reivindicaciones y terminamos con una breve discusión de otras posibles aplicaciones de nuestra metodología.

En primer lugar, muchos historiadores y políticos han afirmado que la instauración de la Monarquía Borbónica en España fue acompañada de la aplicación de un diseño radial de la red de carreteras que sustituyo al menos centralista existente a principios del siglo XVIII. En cambio, nuestro análisis no apoya esta afirmación, porque como hemos visto, los sucesivos reyes y funcionarios borbónicos adoptaron en gran medida el diseño del siglo XVI que encontraron en 1700, y hemos demostrado que este diseño tenía ya un marcado carácter radial.

En segundo lugar, otra opinión muy extendida es que la nueva monarquía introdujo cambios en la red de carreteras que alteraron el desarrollo de los diferentes territorios de España, promoviendo la capital y olvidando las regiones periféricas. Encontramos que la política de infraestructuras borbónica no generó cambios significativos en la red de transportes ni indujo grandes alteraciones en el equilibrio territorial, ni privilegió a la región donde se encontraba la capital. Durante el siglo XVIII las mejoras de la red fueron escasas y no conectadas, por lo que los efectos fueron principalmente locales. En la primera mitad del siglo XIX la construcción se aceleró, conectando casi simultáneamente muchos de los tramos anteriormente no conectados. Por lo tanto, el potencial impulso a la capital debido a la implementación de una estructura radial mejorada fue acompañado por la construcción de conexiones transversales relevantes, resultando en una mejora más o menos homogénea de las condiciones y el comercio a lo largo de toda España.

En tercer lugar, partiendo de una descripción de la red de carreteras españolas tal y como la hemos cartografiado, y utilizando simulaciones basadas en agentes con diferentes criterios para elegir

qué partes de la red deben ser mejoradas y cuándo, también hemos demostrado que el diseño seguido tanto en la red de caminos de posta como en las carreteras recién pavimentadas se llevó a cabo con criterios económicos razonables, tanto desde el punto de vista del transporte de correo, como de la movilidad de las personas y del transporte de mercancías. De hecho, una estructura similar para las carreteras surge de los tres criterios, en gran parte diferentes, que hemos considerado como posibles contrafactuales, lo que indica que la red de carreteras real existente al final del período considerado es compatible con muchos criterios objetivos de optimización económica.

Para terminar, queremos subrayar que la creciente disponibilidad de material histórico en forma digital, y en particular de mapas susceptibles de ser analizados por los SIG, hace que nuestro enfoque sea ampliamente aplicable en el estudio de los acontecimientos socioeconómicos históricos. Como hemos visto, el conocimiento profundo de la evolución del proceso de interés permite establecer en qué medida depende de la trayectoria, o presenta *path dependence*, así como los principales efectos de la secuencia histórica de las intervenciones. Así pues, los enfoques rigurosos y basados en pruebas que entrañan un examen detallado de las nuevas fuentes primarias disponibles, incluidas las cartográficas, pueden arrojar luz sobre los orígenes de muchas infraestructuras críticas que no pueden entenderse sin tener en cuenta su evolución en función de la trayectoria (*path dependence*). Un análisis científico de redes basado en centralidades nos difige a contextos diferentes, en una estructura de múltiples niveles, donde las consecuencias de las decisiones adoptadas pueden incluso llevar a resultados opuestos, entre ellos que las ciudades se posicionen mejor para el comercio en un contexto nacional mientras que sus regiones vean reducidas sus opciones. Por supuesto, otros instrumentos de la ciencia de las redes pueden aplicarse a una secuencia histórica bien establecida para buscar efectos de otros tipos. La utilización de todos esos instrumentos de diagnóstico, combinada con una modelización basada en agentes lo bastante flexible como para incorporar diferentes procedimientos de adopción de decisiones, puede resultar muy útil para abordar el desarrollo futuro de las infraestructuras y sistemas relacionados. Nuestra metodología proporciona una guía para sacar muchos argumentos del ámbito político y llevarlos a la realidad socioeconómica de manera que puedan utilizarse en beneficio de la sociedad en general. El hecho de que hayamos considerado el caso concreto de las carreteras en la España del siglo XVIII no debe ocultar la aplicabilidad del método; en particular, prevemos que en el contexto de las ciudades (Batty 2013) nuestro enfoque puede ser muy fructífero.

Bibliografía

Aa, Boudewyn van der, and Claude Jordan. 1700. *Zeer Gedenkwaardige En Naaukeurige Historische Reis-Beschrijvinge, Door Vrankrijk, Spangie, Italien, Duitsland, Engeland, Holland En Moscovien*. Boudewyn van

der Aa. https://books.googleusercontent.com/books/content?req=AKW5QafjZrVIUagZqpE5Z5QiwEFPvo9rhOOZ6D8iyre5T3tT1HC8GQcz3sxAp7qlK_60iGbnlz7d8hCNlLidYIgSyXwCAJloDlohxWo5O4p10iy2V_qthdLjH3A1YKyVpq0fhCo5Raa6LdM5BTyL-Pn2by1_naG2kE3we63NoyZNOnbN1HaoHH_UIgxKQSU_gUgclZdUe.

Aa, Pieter van der. 1707. "Novissima et Accuratissima Tabula Regnorum Hispaniae et Portugalliae." Leiden. http://bdh-rd.bne.es/viewer.vm?id=0000019673.

Adamatzky, Andrew. 2012. "The World's Colonization and Trade Routes Formation As Imitated By Slime Mould." *International Journal of Bifurcation and Chaos* 22 (08): 1230028. https://doi.org/10.1142/S0218127412300285.

Adamatzky, Andrew, and Ramón Alonso-Sanz. 2011. "Rebuilding Iberian Motorways with Slime Mould." *BioSystems* 105 (1): 89–100. https://doi.org/10.1016/j.biosystems.2011.03.007.

Aggarwal, Shilpa. 2018. "Do Rural Roads Create Pathways out of Poverty? Evidence from India." *Journal of Development Economics* 133: 375–95. https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2018.01.004.

Allard, door Abraham. 1710. "Weg - Wyzer Der Legertogten in Spanje En Portugaal = Theatrum Martis in Hispania et Portugallia." https://www.ign.es/web/catalogo-cartoteca/resources/html/023426.html.

Alvar Ezquerra, Alfredo. 1985. *Felipe II, La Corte y Madrid En 1561*. Madrid: Centro de Estudios Históricos. CSIC. https://books.google.es/books/about/Felipe_II_la_Corte_y_Madrid_en_1561.html?id=5qMeAAAAMAAJ&redir_esc=y.

Andree, Lambereum. 1597. *Kronn Und Auszbunde Aller Wegweiser. Darinne Verzeichnet Seindt Alle Die Wege, so Gehen Ausz 71. Den Vornembsten Städten von Teutschland, 17t. von Niderlandt, 39. von Frankreich, 29 von Italia, Und 31. von Hispania*. Colonia. https://play.google.com/store/books/details?id=P3RYAAAAcAAJ&rdid=book-P3RYAAAAcAAJ&rdot=1.

Anes, Gonzalo. 1974. *El Antiguo Régimen: Los Borbones*. Alianza Editorial.

———. 1983. "La Agricultura Española y El Mercado Americano." In *Historia Económica y Pensamiento Social: Estudios En Homenaje a Diego Mateo Del Peral*, 193–204.

Anonymous. 1810. *Noticia de Todas Las Ciudades, Villas y Lugares de Este Reyno de España Con Las Leguas Que Median Entre Sí, Tanto Por Los Caminos de Ruedas, Como Por Los de Herradura*. Francisco Brusòla. https://www.uniliber.com/titulo/NOTICIA DE TODAS LAS CIUDADES VILLAS LUGARES DE/.

Anonymous, and Pedro Pontón. 1727. *Guía de Caminos Para Ir, y Venir Por Todas Las Provincias Más Afamadas de España, Francia, Italia y Alemania. Añadida a La Regla General Para Saber Adonde Se Escrive Los Dias de Correo*. Madrid: Francisco Martinez Abad. https://doi.org/10.1088/0022-3727/37/12/R01.

Aranaz del Río, Fernando. 2005. "Postas y Caminos En La Cartografía Postal Española." *Academus* 9: 49–77.

Arbia, Giuseppe. 2001. "Modelling the Geography of Economic Activities on a Continuous Space." *Papers in Regional Science* 80 (4): 411–24. https://doi.org/10.1007/PL00013646.

Arthur, W. Brian. 1989. "Competing Technologies , Increasing Returns , and Lock-In by Historical Events." *The Economic Journal* 99 (394): 116–31.

Artola, Miguel, Rafael Anes, and Pedro Tedde. 1978. *Los Ferrocarriles En España. 1844-1943- II. Los Ferrocarriles y La Economía*. Madrid: Servicio de Estudios del Banco de España.

Asher, Sam, and Paul Novosad. 2016. "Market Access and Structural Transformation: Evidence from Rural Roads in India." *Manuscript: Department of Economics*.

Atack, Jeremy. 2013. "On the Use of Geographic Information Systems in Economic History: The American Transportation Revolution Revisited." *The Journal of Economic History* 73 (2): 313–39. https://doi.org/10.1017/S0022050713000284.Jeremy.

Ayala, Santiago de. 1821. *Guia General de Postas y Travesías de España Segun Estan En El Dia*. Madrid: Mateo Repullés. http://datos.bne.es/edicion/bima0000126241.html.

Badenoch, Alexander. 2010. "Myths of the European Network : Construcions of Cohesion in Infraestructure Maps." In *Materializing Europe: Transnational Infrastructures and the Project of Europe*. Springer.

Bairoch, Paul. 1974. "Geographical Structure and Trade Balance of European Foreign Trade from 1800 to 1970." *Journal of European Economic History* 3 (3): 557–608.

Barceló, J., E. Codina, J. Casas, J. L. Ferrer, and D. García. 2005. "Microscopic Traffic Simulation: A Tool for the Design, Analysis and Evaluation of Intelligent Transport Systems." *Journal of Intelligent and Robotic Systems: Theory and Applications* 41 (2–3): 173–203. https://doi.org/10.1007/s10846-005-3808-2.

Barro, Robert J., and Xavier X. Sala-i-Martin. 1992. "Convergence Xavier Sala-i-Martin." *Journal of Political Economy* 100 (2): 223–51. https://doi.org/10.1086/261816.

Barthélemy, Marc. 2011. “Spatial Networks.” *Physics Reports* 499 (1–3): 1–101. https://doi.org/10.1016/j.physrep.2010.11.002.

Batty, Michael. 2013. *The New Science of Cities*.

Bednar, Jenna, Scott E. Page, and Jameson L. Toole. 2012. “Revised-Path Dependence.” *Political Analysis* 20 (2): 146–56. https://doi.org/10.1093/pan/mpr051.

Bel, Germà. 2010. *España, Capital París*. Ediciones Destino.

———. 2011. “Infrastructure and Nation Building: The Regulation and Financing of Network Transportation Infrastructures in Spain (1720–2010).” *Business History* 53 (5): 688–705. https://doi.org/10.1080/00076791.2011.599591.

Berger, Thor, and Kerstin Enflo. 2017. “Locomotives of Local Growth: The Short- and Long-Term Impact of Railroads in Sweden.” *Journal of Urban Economics* 98: 124–38. https://doi.org/10.1016/j.jue.2015.09.001.

Betancourt, Agustín. 1868. “Noticia Del Estado Actual de Los Caminos y Canales de España, Causas de Sus Atrasos y Defectos, y Medios de Remediarlos En Adelante; Dada Al Excmo. Sr. D. Pedro Cevallos Por D. Agustín de Betancourt_ Año de 1803.” *Revista de Obras Públicas*, no. 5, 6, 10 and 13: 54–58, 68–71, 115–16 and 156–58. http://ropdigital.ciccp.es/detalle_articulo.php?registro=1545&anio=1869&numero_revista=5.

Bleakley, C. Hoyt, and Jeffrey Lin. 2012. “Portage and Path Dependence.” *Quarterly Journal of Economics* 127 (2): 587–644. https://doi.org/10.1093/qje/qjs011.

Borsano, Ambrosio. 1687. “El Principado de Cattaluña y Condados de Rossellon y Cerdaña Hecho En El Espacio de XII Años Por El Mre. de Campo D. Ambrosio Borsano, Quartel Mre. Genl. y Ingeniero Mayor Del Real Exercito de Cattaluña, En Que Estan Descritos Todas Las Veguerias, Collect.” http://bdh.bne.es/bnesearch/detalle/bdh0000036323.

Braudel, Fernand. 2016. *El Mediterráneo y El Mundo Mediterráneo En La Época de Felipe II. Tomo 1*. Fondo de Cultura Economic. https://play.google.com/books/reader?id=R7G-DAAAQBAJ&printsec=frontcover&output=reader&hl=es&pg=GBS.PT94.w.0.0.0.0.2.

Brion de la Tour, Louis, and Louis-Charles Desnos. 1766. “Carte d’Espagne et de Portugal, Comprenant Les Routes de Poste et Autres de Ces Deux Roiaumes.” Paris: Desnos, Louis-Charles. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Carte_dEspagne_et_de_Portugal,_comprenant_les_routes_de_poste_et_autres_de_ces_deux_roiaumes_(4586560269).jpg.

Brown, Daniel G., Scott Page, Rick L. Riolo, Moira Zellner, and William Rand. 2005. “Path Dependence and the Validation of Agent-Based Spatial Models of Land Use.” *International Journal of Geographical Information Science* 19 (2): 153–74. https://doi.org/10.1080/13658810410001713399.

Brughmans, Tom. 2013. “Thinking Through Networks: A Review of Formal Network Methods in Archaeology.” *Journal of Archaeological Method and Theory* 20 (4): 623–62. https://doi.org/10.1007/s10816-012-9133-8.

Cabanes, Francisco Javier de, and Manuel González Salmón. 1829. *Mapa Itinerario de Los Reinos de España y Portugal Dedicado Al Rey N.S. D. Fernando VII de Borbón*. http://bdh.bne.es/bnesearch/detalle/bdh0000031143.

Calderón, César, and Luis Servén. 2004. *The Effects of Infrastructure Development on Growth and Income Distribution*.

Carr, Raymond. 1982. *España 1808-1939*.

Carreras, Cèsar, and Pau de Soto. 2013. “The Roman Transport Network: A Precedent for the Integration of the European Mobility.” *Historical Methods: A Journal of Quantitative and Interdisciplinary History* 46 (3): 117–33. https://doi.org/10.1080/01615440.2013.803403.

Carreras Monfort, Cèsar, and Pau de Soto. 2010. *Historia de La Movilidad En La Península Ibérica. Redes de Transporte En SIG*. https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibalcala/detail.action?docID=3203857#goto_toc.

Casson, Mark. 2009. “The Efficiency of the Victorian British Railway Network- A Counterfactual Analysis.” *Networks and Spatial Economics* 9 (3): 339–78. https://doi.org/10.1007/s11067-008-9064-9.

Chatelain, Henri Abraham. 1706. “Carte Historique et Geographique Des Royaumes d’Espagne et de Portugal Divises Selon Leurs Royaume et Provinces.”

Codogno, Ottavio. 1608. *Novo Itinerario Delle Poste Per Tutto Il Mondo Di Ottaviano Codogno. Luogortenente Del Corriero Maggiore Di Milano*. Milano. https://books.googleusercontent.com/books/content?req=AKW5QaewcA_aQCIjE9haQHCMvRgBoMRm_aF0oPQrwDQKXqjV95k8C8Y1uolEU0hLSZd4qSjuoJDnDGhAwik3mB7Nze2o2CGXoxFNTVeDhkmGeaxSgegJmXiZ18CaV_X7CiYDd4LYVjN54eu47lUPI7xYSAfPV5zscOPI9C22yFTTjDKPu10WmOPr-QWltsshE3IWITDxT.

Collin, E., Père, Tomás López de Vargas y Machuca, Johann Heinrich Weiss, Jean Claude Dezauche, Charles-

François Delamarche, Charles Picquet, Jean Goujon, and Jean. 1808. “Carte Des Royaumes d’Espagne et de Portugal Óu l’on a Marqué Les Routes de Poste, et Les Limites Des Diverses Provinces et Gouvernements : Pour Servir à l’intelligence Des Opérations Militaires.” Paris: E. Collin, Graveur Editeur, Rue St. Thomas du Louvre, N° 22. http://bibliotecavirtualdefensa.es/BVMDefensa/i18n/consulta/registro.cmd?id=36534.

Comín Comín, Francisco, Pablo Martín Aceña, Miguel Muñoz Rubio, and Javier Vidal Olivares. 1998. *150 Años de Historia de Los Ferrocarriles Españoles*. Anaya. https://books.google.es/books/about/150_años_de_historia_de_los_ferrocarril.html?id=EXfbAAAAMAAJ&redir_esc=y.

Crescenzi, Riccardo, and Andrés Rodríguez-Pose. 2012. “Infrastructure and Regional Growth in the European Union.” *Papers in Regional Science* 91 (3): 487–513. https://doi.org/10.1111/j.1435-5957.2012.00439.x.

Cuenca-Esteban, Javier. 2008. “Statistics of Spain’s Colonial Trade, 1747-1820: New Estimates and Comparisons with Great Britain.” *Revista de Historia Economica - Journal of Iberian and Latin American Economic History* 26 (3): 323–54. https://doi.org/10.1017/S0212610900000379.

D’Ocampo, Florian. 1544. *Los Quatro Libros Primeros de La Cronica General de España*. Zamora: Juan Picardo. https://books.google.es/books?id=1yRhAAAAcAAJ&dq=caminos&hl=es&source=gbs_similarbooks.

David, Paul A . 1985. “Clio and the Economics of QWERTY , Vol . 75 , No . 2 , Papers and Proceedings of the Ninety-Seventh Annual Meeting of the American Economic Association . (May , 1985), Pp . 332-337 .” *The American Economic Review* 75 (2): 332–37.

Delgado Ribas, Josep M . 1986. “Comercio Colonial y Crecimiento Economico En La España Del Siglo XVIII. La Crisis de Un Modelo Interpretativo.” *Manuscrits: Revista d’història Moderna* 3: 23–40.

Depósito de la Guerra. 1865. “Mapa Itinerario Militar de España.” http://bvpb.mcu.es/es/consulta/registro.cmd?id=434680.

Díez-Minguela, Alfonso, Julio Martínez-Galarraga, and Daniel A. Tirado-Fabregat. 2016. “Why Did Spanish Regions Not Converge before the Civil War? Agglomeration Economies and (Regional) Growth Revisited.” *Revista de Historia Economica - Journal of Iberian and Latin American Economic History* 34 (3): 417–48. https://doi.org/10.1017/S0212610915000300.

Dijkstra, E. W. 1959. “A Note on Two Problems in Connexion with Graphs.” *Numerische Mathematik* 1: 269–271.

Dirección General de Obras Públicas. 1856. *Memoria Sobre El Estado de Las Obras Públicas En España En 1856*. Madrid: Imprenta Nacional. https://books.googleusercontent.com/books/content?req=AKW5Qaf05Qn2p8x7_6yveaco8uc5qowSty0yTe7jL2oGhYx_mCaowCWY2Eq4EBVnmbd8xO8OBZEUSoMCnjj5k8DxAl66amwmLXOXkb-DThKvq335ecROebM4UucbHO5EiL-zI7qkYge5fSnbXeyUZNK3UMX3ZqhQ4gDhJWveGbU1naIJ9twnBtW9qZULn78ztcFOhYOdi.

Downs, Roger M., and David Stea. 1977. *Maps in Minds: Reflections on Cognitive Mapping*. *Harper and Row Series in Geography*. Harper & Row. https://doi.org/https://doi.org/citeulike-article-id:2522758.

Dubert García, Isidro. 2008. “Comercio y Tráfico Marítimo En La Galicia Del Antiguo Régimen, 1750-1820.” *Obradoiro de Historia Moderna*, no. 17: 211–43. https://doi.org/10.15304/ohm.17.455.

Duval, Pierre. 1659. “Le Voyage de Madrid et Le Chemin de St Iacqves En Galice.” Paris: Baillieul, Gaspard. http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b8493308t.r=galice.

Ell, Paul S., and Ian N. Gregory. 2001. “Adding a New Dimension to Historical Research with GIS.” *History and Computing* 13 (1): 1–6.

Escribano, José Matías. 1758. *Itinerario Español o Guía de Caminos, Para Ir Desde Madrid à Todas Las Ciudades de España, y Sus Mas Principales Villas, y Puertos de Mar, y Para Ir de Unas Ciudades à Otras*. Primera. Madrid: Miguel Escribano. http://catalogo.sanchoelsabio.eus/Record/85210.

Espinalt y García, Bernardo. 1775. “Mapa de España Dividido En Todos Sus Reinos, Provincias y Principados, En Donde Estan Exactamente Observadas Todas Las Rutas de Postas y Caxas de Correo.” http://bibliotecavirtualdefensa.es/BVMDefensa/i18n/consulta/registro.cmd?id=36491.

———. 1804. “Mapa de Las Carreras de Postas de España : Dedicado Al Excmo. Sr. Dn. Pedro Cevallos.” http://bdh.bne.es/bnesearch/biblioteca/Mapa de las carreras de postas de España : Dedicado al Excmo. Sr. Dn. Pedro Cevallos... /qls/bdh0000035630;jsessionid=3370300C38646280D3F261644CFBE9D6.

Estienne, Charles. 1552. *Les Voyages de Plusieurs Endroits de France & Encores de La Terre Saincte, d’Espaigne, d’Italie & Autres Pays : Les Fleuves Du Royaume de France*. Paris: Chez Charles Etienne. https://bibliotek.dk/eng/search/work?search_block_form=%28rec.id%3D810010-katalog%3A002471204%29&ref=worldcat#content.

Evangelidis, Vasilis, Michail Antisthenis Tsompanas, Georgios Ch Sirakoulis, and Andrew Adamatzky. 2015. “Slime Mould Imitates Development of Roman Roads in the Balkans.” *Journal of Archaeological Science: Reports* 2:

264–81. https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2015.02.005.

F. B., and Josssé de Grieck. 1704. *Voyages Historiques De L'Europe: Ou Les Delices De La France, D'Espagne, d'Italie, d'Allemagne, d'Angleterre*. Bruselas: Josse de Grieck. https://books.googleusercontent.com/books/content?req=AKW5Qad7-M9kW0VJ9hMPwbe4DDyv0kP-vcSiTJiYLO8-2bWxO5_0XY9FNdrt9-MPwBTPHqrJFipRzu_H1ADDGK8G22eiv70DpwALoBgMqeKkvKrH7IWOhAhYE0lyUwZjaZ2sbmaeR7nt0XkmEOxY1dg7c1VtTbWOIidTazetGnluWogBjhTtUktryVvwFt8gXjFrdy3lx.

Faber, Benjamin. 2014. "Trade Integration, Market Size, and Industrialization: Evidence from China's National Trunk Highway System." *Review of Economic Studies* 81 (3): 1046–70. https://doi.org/10.1093/restud/rdu010.

Fer, Nicolas de. 1704. "L ' Espagne Triomphante Sous Le Règne de Philippe Vme." http://bdh-rd.bne.es/viewer.vm?id=0000019419.

Fer, Nicolas de, and Loon. 1701. "Espagne et Portugal : Divisés En Ses Principales Parties Ou Royaumes." http://cartotecadigital.icc.cat/cdm/singleitem/collection/espanya/id/927/rec/286.

Fernández-de Pinedo Echevarría, Nadia, and Emiliano Fernández-de Pinedo Fernández. 2013. "Distribution of English Textiles in the Spanish Market at the Beginning of the 18 Th Century." *Revista de Historia Economica*. https://www.cambridge.org/core/journals/revista-de-historia-economica-journal-of-iberian-and-latin-american-economic-history/article/distribution-of-english-textiles-in-the-spanish-market-at-the-beginning-of-the-18th-century/52D9EFE84737B55DFDB746CD6D81AC.

Fernández de Mesa, Tomás Manuel. 1755. *Tratado Legal, y Político de Caminos Públicos y Possadas Dividido En Dos Partes-*. Valencia. http://bibliotecadigital.jcyl.es/es/consulta/registro.cmd?id=4575.

Gail, Jörg. 1563. *"Raißbüchlin". Ein Neuwes Nützliches Raißbüchlin Der Furnemesten Land Vnnd Stett, Durch Mich, Jörg Gail, Burger Zu Augspurg in Truck Verfertiget*. Augsburg. https://de.wikipedia.org/wiki/Raißbüchlin.

Galor, Oded, and Andrew Mountford. 2008. "Trading Population for Productivity: Theory and Evidence." *Review of Economic Studies* 75 (4): 1143–79. https://doi.org/10.1111/j.1467-937X.2008.00501.x.

Garcia-López, Miquel-Àngel. 2012. "Urban Spatial Structure, Suburbanization and Transportation in Barcelona." *Journal of Urban Economics* 72 (2–3): 176–90. https://doi.org/10.1016/j.jue.2012.05.003.

Garcia-López, Miquel-Àngel, Adelheid Holl, and Elisabet Viladecans-Marsal. 2015. "Suburbanization and Highways in Spain When the Romans and the Bourbons Still Shape Its Cities." *Journal of Urban Economics* 85: 52–67. https://doi.org/doi.org/10.1016/j.jue.2014.11.002.

Garud, R., and P. Karnøe. 2001. "Path Creation as a Process of Mindful Deviation." In *Path Dependence and Creation*, 1–38. London: Lawrence Erlbaum.

Ghani, Ejaz, Arti Grover Goswami, and William R. Kerr. 2016. "Highway to Success: The Impact of the Golden Quadrilateral Project for the Location and Performance of Indian Manufacturing." *Economic Journal* 126 (591): 317–57. https://doi.org/10.1111/ecoj.12207.

Gómez Mendoza, Antonio. 1982. *Ferrocarriles y Cambio Económico En España, 1855-1913: Un Enfoque de Nueva Historia Económica*. Alianza Editorial.

———. 2001. "Madrid, Centro de La Red de Comunicaciones." *Arbor* 666 (c): 343–58.

Grafe, Regina. 2012. *Distant Tyranny: Markets, Power, and Backwardness in Spain, 1650-1800*. *Distant Tyranny: Markets, Power, and Backwardness in Spain, 1650-1800*. Princeton and Oxford: Princeton University Press. https://doi.org/10.1080/13507486.2013.832877.

Gregorio - Marqués de Esquilache, Leopoldo de. 1761. *Copia Del Real Decreto Expedido Para Hacer Caminos Rectos, y Sólidos En España, Que Faciliten El Comercio de Unas Provincias á Otras, Dando Principio Por Los de Andalucia, Cathaluña, Galicia, y Valencia* .. Aranjuez: El Marquès de Scilace. http://datos.bne.es/edicion/biam0000003828.html.

Grimaldo, José de. 1720. "Reglamento General Expedido Por Su Magestad En 23 de Abril de 1720 Para La Direccion, y Govierno de Los Oficios de Correo Mayor y Postas de España." Sevilla: Blas, Juan Francisco de. http://fondosdigitales.us.es/fondos/libros/2176/descargar/reglamento-general-expedido-por-su-magestad-en-23-de-abril-de-1720-para-la-direccion-y-govierno-de-los-oficios-de-correo-mayor-y-postas-de-espana-en-los-viages-que-se-hizieren/.

Guilleminot, LG Comte, Robert Wahl, Charles Picquet, and Dépôt Génerál de la Guerre. 1823. "Carte-Itinéraire de L'Espagne et Du Portugal: Dressé Par Ordre de S. E. M. Le Maréchal Duc de Bellune, Ministre de La Guerre." http://www.ign.es/web/catalogo-cartoteca/resources/pdfcards/card002889.pdf.

Gutmann, Myron P., Emily Klancher Merchant, and Evan Roberts. 2018. "'Big Data' in Economic History." *Journal of Economic History* 78 (1): 268–99. https://doi.org/10.1017/S0022050718000177.

Healey, R. G. 2000. "Historical GIS as a Foundation for the Analysis of Regional Economic Growth: Theoretical,

Methodological, and Practical Issues." *Social Science History* 24 (3): 575–612. https://doi.org/10.1215/01455532-24-3-575.

Herranz-Loncán, Alfonso. 2005. "La Reducción de Los Costes de Transporte En España (1800-1936)." *Cuadernos Económicos de ICE* 70 (70): 183–203. http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/41633/1/541600.pdf.

———. 2007. "The Spatial Distribution of Spanish Transport Infrastructure between 1860 and 1930." *Annals of Regional Science* 41 (1): 189–208. https://doi.org/10.1007/s00168-006-0096-0.

Hogenberg, Franz. 1579. "Hispania." http://cisne.sim.ucm.es/search~S1*spi?/Xmapas&searchscope=1&SORT=DX/Xmapas&searchscope=1&SORT=DX&SUBKEY=mapas/301%2C365%2C365%2CB/frameset&FF=Xmapas&searchscope=1&SORT=DX&332%2C332%2C#tabs.

Holl, Adelheid. 2011. "Factors Influencing the Location of New Motorways: Large Scale Motorway Building in Spain." *Journal of Transport Geography*. http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0966692311001001.

———. 2012. "Market Potential and Firm-Level Productivity in Spain." *Journal of Economic Geography* 12 (6): 1191–1215. https://doi.org/10.1093/jeg/lbr030.

———. 2016. "Highways and Productivity in Manufacturing Firms." *Journal of Urban Economics* 93: 131–51. https://doi.org/10.1016/j.jue.2016.04.002.

Homann, Jean Baptiste. 1750. "El Reyno de Espanna Dividido En Dos Grandes Estados de Aragon y de Castilla, Subdividido En Muchas Provincias, Donde Se Halla Tambien El Reyno de Portugal." Nuremberg. http://cartotecadigital.icc.cat/cdm/singleitem/collection/espanya/id/1952/rec/2.

Homann, Jean Baptiste, and Karl Remshard. 1710. "Hispaniae et Portugalliae Regna : Felicissimo Nuper Adventu Classico Caroli III. Austriaci, Hispaniarum & Indiarum Regis &c. Fortunata Exhibente Io. Bapt. Homan[n]o Norimberg." Norimberg. [S.n. http://bdh.bne.es/bnesearch/detalle/bdh0000019634.

Horni, A., K. Nagel, and K. W. Axhausen. 2016. *The Multi-Agent Transport Simulation MATSim*. London: Ubiquity Press. http://www.oapen.org/search?identifier=613715.

Ita, Francisco de, and Juan Victoriano Xareño. 1789. *Atlas Geografico de Correos, Postas, y Estafetas de La Peninsula de España*. Vol. 1. http://catalogue.bnf.fr/ark:/12148/cb416110483.

Jaillot, Alexis Hubert, and José Martínez de Grimaldo. 1721. "L' Espagne Divisée En Tous Ses Royaumes et Principautés Où Sont Exactement Recueillies et Obervées [Sic] Toutes Les Routes Des Postes d'Espagne, Sur Les Memoires Des Courriers Majors de Madrid." Paris: Ja. http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b59666022/f1.item.zoom.

Jedwab, Remi, Edward Kerby, and Alexander Moradi. 2017. "History, Path Dependence and Development: Evidence from Colonial Railways, Settlers and Cities in Kenya." *Economic Journal* 127 (603): 1467–94. https://doi.org/10.1111/ecoj.12347.

Jedwab, Remi, and Alexander Moradi. 2016. "The Permanent Effects of Transportation Revolutions in Poor Countries: Evidence from Africa." *Review of Economics and Statistics* 98 (2): 268–84. https://doi.org/10.1162/REST.

Jenny, Bernhard, and Lorenz Hurni. 2011. "Studying Cartographic Heritage: Analysis and Visualization of Geometric Distortions." *Computers and Graphics* 35 (2): 402–11. https://doi.org/10.1016/j.cag.2011.01.005.

Jovellanos, Gaspar Melchor de. 1795. *Informe de La Sociedad Económica de Esta Corte Al Real y Supremo Consejo de Castilla En El Expediente de Ley Agraria*. Edited by Real Sociedad Económica de Amigos del País. Sancha, Gabriel de. http://bdh.bne.es/bnesearch/detalle/bdh0000038338.

Juncà Ubierna, J. A. 1997. "1. Historia de Los Túneles y Su Evolución Histórica." In *Manual de Túneles y Obras Subterráneas*, edited by Carlos Jimeno, López, 1–10. Madrid: Arias Montano.

Kolars, John, and Henry J. Malin. 1970. "Population and Accessibility: An Analysis of Turkish Railroad." *Geographical Review* 60 (2): 229–46.

Laborde, Alexandre de. 1808. *Itinéraire Descriptif de l'Espagne, et Tableau Élémentaire Des Différentes Branches de l'administration et de l'industrie de Ce Royaum*. http://data.bnf.fr/13168756/alexandre_de_laborde_itineraire_descriptif_de_l_espagne/.

Lang, Wilhelm. 1950. "The Augsburg Travel Guide of 1563 and the Erlinger Road Map of 1524." *Imago Mundi* 7 (1): 85–88. https://doi.org/10.1080/03085695008591960.

Langlois, Vicente Tofiño de San Miguel, and Tomás López de Vargas y Machuca. 1823. "Nouvelle Carte Politique et Itinéraire de l'Espagne et Du Portugal : Avec La Nouvelle Division Des Cartes En 51 Provinces." Paris: Langlois, Hyacinthe. http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b53078898g.

Laurie, Robert, James Whittle, Jasper Nantiat, and William Faden. 1810. "A New Map of Spain and Portugal :

Exhibiting the Chains of Mountains with Their Passes, the Principal & Cross Road, with Other Detatails Requisite for the Intelligence of Military Operations." London. http://bibliotecavirtualdefensa.es/BVMDefensa/i18n/consulta/registro.cmd?id=36535&interno=S&embebido=S.

Lee, Robert. 1998. "The Socio-Economic and Demographic Characteristics of Port Cities: A Typology for Comparative Analysis?" *Urban History* 25 (2): 147–72. https://doi.org/10.1017/s096392680000078x.

Líter Mayayo, Carmen. 2005. "Cartografía y Comunicaciones En Los Documentos de La Biblioteca Nacional. Siglos XVI Al XIX." *Academus*, 29–47.

Lobeto Lobo, Rafael. 1989. "La Marina Mercante Decimonónica." *Cuadernos Monográficos Del Instituto de Historia y Cultura Naval*, no. 5: 139–46.

López de Vargas y Machuca, Tomás. 1802. "Mapa General de España Dividido En Sus Actuales Provincias Islas Adyacentes y Reyno de Portugal." Madrid: Se hallará este con todas las obras del autor y las de su hijo en Madrid plazuela del Angel nº 19 qto. Pral. http://bibliotecavirtualdefensa.es/BVMDefensa/i18n/consulta/registro.cmd?id=36529.

López de Vargas y Machuca, Tomás, and Ward. 1760. "Mapa de Las Carreras de Postas de España. Dedicado Al Rey N. S. D. Carlos III Por Mano Del Exmo, Sr. D.Ricardo Wall, Caballero Comendador de La Orden de Santiago, Del Consejo de Estado de S. M.C., Su Primer Secretario de Estado y de Guerra, Superintendent." http://bibliotecadigital.rah.es/dgbrah/es/consulta/registro.cmd?id=28960.

López Ortiz, Inmaculada, and Joaquín Melgarejo Moreno. 2016. "Del Atraso a La Convergencia. La Red de Carreteras En España, 1900-2010." In *Paisaje, Cultura Territorial y Vivencia de La Geografía. Libro Homenaje Al Profesor Alfredo Morales Gil*, edited by J. Fernando Vera, Jorge Olcina, and María Hernández, 160:475–531. Universidad de Alicante. Instituto Interuniversitario de Geografía.

López, Santiago. 1809a. *Nueva Guía de Caminos Para Ir a Desde Madrid a Todas Las Ciudades y Villas Más Principales de España y Portugal, y También Para Ir de Unas Ciudades á Otras*. Primera. Madrid: Gomez Fuentenebro y compañçia. https://books.google.es/books?q=editions:OCLC312394225&id=Bq-yr_VBBmIC&hl=es.

———. 1809b. *Nueva Guia de Caminos Para Ir Desde Madrid a Todas Las Ciudades y Villas Mas Principales de España y Portugal y Tambien Para Ir de Unas Ciudades a Otras*. Madrid: Gómez Fuentenebro y compañía. https://books.google.es/books?q=editions:OCLC312394225&id=Bq-yr_VBBmIC&hl=es.

Madrazo Madrazo, Santos. 1974. *Tres Arbitristas Camineros de Mediados Del Siglo XVIII*.

———. 1982. "Portazgos y Tráfico En La España de Finales Del Antiguo Régimen." *Moneda y Crédito: Revista de Economía*, no. 160.

———. 1984a. *El Sistema de Comunicaciones En España, 1750-1850: El Trafico y Los Servicios (Vol. 2)*. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

———. 1984b. *El Sistema de Comunicaciones En España, 1750-1850: La Red Viaria (Vol.1)*. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. https://books.google.es/books?id=zAswAAAAMAAJ&q=El+sistema+de+comunicaciones+en+España,+1750-1850+Vol.+1+La+red+viaria&dq=El+sistema+de+comunicaciones+en+España,+1750-1850+Vol.+1+La+red+viaria&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiGpquE56TVAhXLB8AKHRZ4DJQQ6AEIJzAA.

———. 1988. "Reformas Sin Cambio. El Mito de Los Caminos Reales de Carlos III." In *Carlos III, Madrid y La Ilustración*, 27–48. Madrid: Siglo XXI de España Editores.

Marc Barthelemy. 2018. "Betweenness Centrality." In *Morphogenesis of Spatial Networks*, 51–73. https://doi.org/10.1145/2517327.2442521.

Martí-Romero, Jaume, Adrià San José, and Jordi Martí-Henneberg. 2020. "The Radiality of the Railway Network in Spain during Its Early Stages (1830-1867)- An Assessment of Its Territorial Coherence." *Social Science History*, no. forthcoming: 1–48.

Martín de López, Pedro. 1841. "Mapa de España. Dividido En Sus Actuales Provincias, Yslas Adyacentes y Reyno de Portugal." http://bibliotecadigital.rah.es/dgbrah/i18n/consulta/registro.cmd?id=12882.

Martín Mora, Pepa. 2017. "Pensando En El Transporte." *Revista Del Ministerio de Fomento*, no. 674: 42–54. https://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/A62AB3E7-33FC-4035-AC36-098F357F06D1/145321/Ex42_53.pdf.

Martin, Reiner. 1999. *The Regional Dimension in European Public Policy*. *The Regional Dimension in European Public Policy*. https://doi.org/10.1057/9780333982594.

Martin, Ron, and Peter Sunley. 2006. "Path Dependence and Regional Economic Evolution." *Journal of Economic Geography* 6 (4): 395–437. https://doi.org/10.1093/jeg/lbl012.

Martinez-Galarraga, Julio. 2012. “The Determinants of Industrial Location in Spain, 1856-1929.” *Explorations in Economic History* 49 (2): 255–75. https://doi.org/10.1016/j.eeh.2011.05.012.

Martínez-Galarraga, Julio. 2010. “Market Integration and Regional Inequality in Spain, 1860-1930.” Universitat de Barcelona. http://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/35756.

———. 2013. “El Potencial de Mercado Provincial En España, 1860-1930. Un Estudio de Nueva Geografía Económica e Historia Económica.” *Estudios de Historia Económica. Banco de España.* nº 62: 1–132.

Martínez-Galarraga, Julio, Joan Ramón Rosés, and Daniel A. Tirado-Fabregat. 2015. “The Long-Term Patterns of Regional Income Inequality in Spain, 1860–2000.” *Regional Studies* 49 (4): 502–17. https://doi.org/10.1080/00343404.2013.783692.

Martínez, Carlos, Claudio de la Vega, and Zenón de Somodevilla y Bengoechea Marqués de la Ensenada. 1743. “Exposicion de Las Operaciones Geometricas Hechas Por Orden Del Rey N.S. Phelipe V. En Todas Las Audiencias Reales Situadas Entre Los Limites de Francia y de Portugal Para Acertar a Formar Una Mapa Exacta y Circonstanciada de Toda La España.” http://bdh.bne.es/bnesearch/Search.do?text=&field2Op=AND&field1val=cartografia&numfields=3&field3Op=AND&field3=todos&field3val=&field2=todos&field1Op=AND&exact=&advanced=true&field1=coleccion&media=&field2val=&language=es.

Matal, Jean, and Franz Hogenberg. 1579. *Itinerarium Orbis Christiani*. https://bildsuche.digitale-sammlungen.de/index.html?c=viewer&bandnummer=bsb00016475&pimage=3&v=150&nav=&l=en.

Mateo del Peral, Diego. 1978. “Los Orígenes de La Política Ferroviaria En España (1844- 1877).” In *Los Ferrocarriles En España. 1844-1943- I. El Estado y Los Ferrocarriles*, edited by Miguel Artola, 29–159. Madrid: Banco de España, Servicio de Estudios.

Mayerne, Théodore Turquet de. 1604. *Sommaire Description de La France, Allemagne, Italie, Espagne: Avec La Guide Des Chemins Pour Aller et Venir Par Les Provinces, et Aux Villes plus Renommés de Ces Quatre Regions*. Vol. 6. J. Stoer. https://www.e-rara.ch/gep_r/doi/10.3931/e-rara-51022.

Menéndez Pidal, Gonzalo. 1951. “Reportorio de Todos Los Caminos de España (Hasta Agora Nunca Visto) Juan Villuga 1546.” In *Los Caminos En La Historia de España*. Madrid: Ediciones Cultura Hispánica.

Meneses, Alonso de. 1576. *Reportorio de Caminos. Ordenado Por Alonso de Meneses Correo. Añadido El Camino de Madrid a Roma. Con Un Memorial de Muchas Cosas Sucedidas En España. Y Con El Reportorio de Cuentas, Conforme a La Nueva Pragmatica*. Tercera. Alcalá de Henares: Sebastian Martinez. https://books.googleusercontent.com/books/content?req=AKW5Qadh08Wl53nwq883ZnNPn9gMzdZ2Klfkly-2OA40WKONovMSBvpMASJxWCnjrlSQfO1rCVLJFDlIQwvgkN_w4W5vDYyWyE-QbdWhF9gEgzq9HoJABdF3I_OkIvlcI8xPowrfkPozYelrsLn6C_8d5zThBzFbDH_ilIRwO2TUtT4JUj86mc7IHWYRMJa1EydqW1kfB.

Miselli, Giuseppe. 1697. *Il Buratino Veridico. O Vero Inztruzzione Generale per Chi Viaggia.* Venice.

Mitchener, Kris James. 2015. “The 4D Future of Economic History: Digitally-Driven Data Design.” *Journal of Economic History* 75 (4): 1234–39. https://doi.org/10.1017/S0022050715001655.

Modarres, Ali, and Yonn Dierwechter. 2015. “Infrastructure and the Shaping of American Urban Geography.” *Cities* 47: 81–94. https://doi.org/10.1016/j.cities.2015.04.003.

Molinas, César. 2013. *Qué Hacer Con España. Del Capitalismos Castizo a La Refundación de Un País*. https://play.google.com/books/reader?id=wuj2adba5pkC&printsec=frontcover&output=reader&hl=es&pg=GBS.PP9.

Moll, Hermann, John Owles, Philip Overton, Thomas Bowles, and John Argile. 1711. “A New and Exact Map of Spain & Portugal : Divided into Its Kingdoms and Principalities &c with Ye. Principal Roads and Considerable Improvements, the Whole Rectifyd According to Ye. Newest Observations.” Londres: Bowles,I. http://cartotecadigital.icc.cat/cdm/ref/collection/espanya/id/1867.

Monzon, Andres, Elena Lopez, and Emilio Ortega. 2019. “Has HSR Improved Territorial Cohesion in Spain? An Accessibility Analysis of the First 25 Years: 1990–2015.” *European Planning Studies* 27 (3): 513–32. https://doi.org/10.1080/09654313.2018.1562656.

Moreira, María. 2006. “La Importancia Del Mercado Español En El Comercio Exterior Portugués (1796-1831).” *Hispania Nova: Revista de Historia Contemporánea*, no. 6: 6.

Mortier, Pierre. 1710. “Theatre de La Guerre En Espagne et En Portugal.” Amsterdam. http://cartotecadigital.icgc.cat/cdm/singleitem/collection/externs/id/68/rec/10.

Mortier, Pierre, and Nicolas Sanson. 1708. “L’Espagne Divisée En Tous Ses Royaumes et Principautes.” Amsterdam.

Nadal, Jordi. 1975. *El Fracaso de La Revolución Industrial En España, 1814-1913*. Editorial Ariel.

Nakagaki, Toshiyuki, Hiroyasu Yamada, and Ágota Tóth. 2001. “Path Finding by Tube Morphogenesis in an Amoeboid Organism.” *Biophysical Chemistry* 92 (1–2): 47–52. https://doi.org/10.1016/S0301-4622(01)00179-

X.

Nall, Clayton. 2015. “The Political Consequences of Spatial Policies: How Interstate Highways Facilitated Geographic Polarization.” *The Journal of Politics* 77 (2): 394–406. https://doi.org/10.5840/ajs2012281-29.

———. 2018. *The Road to Inequality: How the Federal Highway Program Polarized America and Undermined Cities*. Cambridge Univeristy Press. https://books.google.es/books?id=1I5LDwAAQBAJ&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s.

Naranjo Gómez, José Manuel. 2016. “Impacts on the Social Cohesion of Mainland Spain’s Future Motorway and High-Speed Rail Networks.” *Sustainability* 8 (7): 1–22. https://doi.org/10.3390/su8070624.

Nooy, W. de, A. Mrvar, and V. Batagelj. 2005. *Exploratory Social Network Analysis with Pajek*. New York: Cambridge University Press.

Nunn, Nathan. 2020. “The Historical Roots of Economic Development.” *Science* 367 (eaaz9986). https://doi.org/10.1126/science.aaz9986.

Oliva Melgar, Josep María. 2004. *El Monopolio de Indias En El Siglo XVII y La Economía Andaluza: La Oportunidad Que Nunca Existió. Lección Inaugural Del Curso Académico 2004 - 2005*. https://play.google.com/books/reader?id=dOn9DAAAQBAJ&pg=GBS.PA4.

Pablo-Martí, Federico, and Angel Sánchez. 2017. “Improving Transportation Networks: Effects of Population Structure and Decision Making Policies.” *Scientific Reports* 7 (1): 4498. https://doi.org/10.1038/s41598-017-04892-2.

Páez de Castro, Juan, Ambrosio de Morales, and Juan López de Velasco. 1578. “Relaciones Topográficas de Felipe II.” El Escorial. https://es.wikipedia.org/wiki/Relaciones_topográficas_de_Felipe_II.

Perret, Julien, Maurizio Gribaudi, and Marc Barthelemy. 2015. “Roads and Cities of 18th Century France.” *Scientific Data* 2: 1–12. https://doi.org/10.1038/sdata.2015.48.

Peters, Deike. 2003. “Old Myths and New Realities of Transport Infrastructure Assessment: Implications for EU Interventions in Central Europe.” In *Transport Projects, Programmes and Policies: Evaluation Needs and Capabilities*, edited by John Pearman, Alan; Mackie, Peter; Nellthorp, 43–72. Ashgate. http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=DK_YE19DmAgC&oi=fnd&pg=PA43&dq=PEters+Deike&ots=7hxyKlxvJ0&sig=V2-xVoko5A1dnGN0598yTNE6jQY.

Picquet, Charles, Pierre Lapie, Tomás López de Vargas y Machuca, and Vicente Tofiño de San Miguel. 1810. “Carte Des Routes de Postes et Itinéraires d’Espagne et Portugal.” Paris: Chez Magimel, Libraire. http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b53081348d/f1.item.zoom.

Prados de la Escosura, Leandro. 1986. “Una Serie Anual Del Comercio Exterior Español (1821–1913).” *Revista de Historia Economica - Journal of Iberian and Latin American Economic History* 4 (1): 103–50. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=xdZXDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT3&ots=No57vg-MMy&sig=E4pgRTeSsxTxDepRwfkSFqOh6AM#v=onepage&q&f=false.

———. 2015. “Spain’s Historical National Accounts: Expenditure and Output, 1850-2015.” DP11524. Discussion Paper Series.

Prignano, Luce, Ignacio Morer, Francesca Fulminante, and Sergi Lozano. 2016. “Modelling Terrestrial Route Networks to Understand Inter-Polity Interactions. A Case-Study from Southern Etruria.” Arxiv. http://arxiv.org/abs/1612.09321.

Puyo, Jean Yves, Juan Carlos Castañón, and Jacobo García Álvarez. 2016. “Cartographier et Décrire La Péninsule Ibérique: L’héritage Militaire Français (1808-1823).” *Annales de Geographie* 1: 74–102.

Quad, Matthias, and Cypriano Eichoviothias. 1604. *Deliciae Hispaniae et Index Viatorius, Indicans Itinera, Ab Vrbe Toleto, Ad Omnes in Hispani Civitates et Oppida*. Ursel: Cornelij Sutorij. https://books.google.es/books?id=YB5YAAAAcAAJ&hl=es&source=gbs_similarbooks.

Quintana, Joseph Ignacio de. 1753. *Methodo General Para Todas La Vias de España, Por Cuyo Medio Logra El Público de La Mayor Utilidad, Consiguiendo Por Poco Porte La Conducción de Todos Los Generos, y Frutos de Unas Provincias a Otras*. Madrid: Domingo fernánde de Arroyo. https://books.googleusercontent.com/books/content?req=AKW5Qad23xPIcUz6kZxYb_fuazraeFjP18zzG1-yKhMEIlQTeiOn0O8n87-a4nAxjs8V49Z9GNlbTgpA9rZ6rvlqlAcAkvLlwonG4qPQ6biX2feIUU2apGyD0knxQcJUUabHVvp9mgIfMywuOT_Y1ZB6ZCzMKuLvfnSTHzbXhHPJsrkSK21bfULIvwU7ELseE-NxS_C5X.

Quiroga. 1811. “Mapa de España Dividido En Prefecturas y Divisiones Militares.” https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b53102989x/f1.item.zoom.

Reggiani, Aura, and Peter Nijkamp. 2009. *Complexity and Spatial Networks: In Search of Simplicity. Advances in Spatial Science*. Springer.

Reguera Rodríguez, Antonio T. 1999. “Los Apuntamientos Del Padre Martin Sarmiento Sobre La Construcción de La

Red Radial de Caminos Reales En España." *Llull* 22: 475–506.

Rietveld, Piet, and Joost van Nierop. 1995. "Urban Growth and the Development of Transport Networks: The Case of the Dutch Railways in the Nineteenth Century." *Flux* 11 (19): 31–43. https://doi.org/10.3406/flux.1995.1016.

Riley, Shawn, Stephen D Degloria, Shawn Riley, and Stephen D Degloria. 1999. "A Terrain Ruggedness Index That Quntifies Topographic Heterogeneity." *Intermountain Journal of Sciences* 5 (1–4): 23–27.

Ringrose, David R. 1972. *Los Transportes y El Estancamiento Económico En España (1750-1850)*. Madrid: Tecnos. https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=los+transportes+y+el+estancamiento+económico+de+españa&btnG=.

Rodríguez González, Carmen. 1983. "Los Viajes «a La Ligera»: Un Medio Tradicionalmente Rápido de Transporte, Desbancado Por El Ferrocarril." *Investigaciones Históricas : Época Moderna y Contemporánea* 4: 159–84.

Rosés, Joan Ramón, Julio Martínez-Galarraga, and Daniel A. Tirado-Fabregat. 2010. "The Upswing of Regional Income Inequality in Spain (1860-1930)." *Explorations in Economic History* 47 (2): 244–57. https://doi.org/10.1016/j.eeh.2010.01.002.

Rowlands, Richard. 1576. *The Post for Diuers Partes of the World to Trauaile from One Notable Citie unto an Other, with a Description of the Antiquitie of Diuers Famous Cities in Europe*. London: Thomas East. https://en.wikisource.org/wiki/The_Post_of_the_World.

Ruiz, Rita, Francisco Javier Rodríguez, and José María Coronado. 2015. "Exploring Landscapes through Modern Roads: Historic Transport Corridors in Spain." *Landscapes* 16 (1): 44–62. https://doi.org/10.1179/1466203515Z.00000000040.

Sanson, Nicolas. 1652. "Royaume de Navarre. Divisée En Six Merindades." Pierre Mariette. http://www.navarra.es/home_es/Temas/Turismo+ocio+y+cultura/Archivos/Programas/Archivo+Abierto/Documentos/Royaume-de-Navarre-divise-en-six-merindades_Ch*AWI4SqvqOBA2NVPlNHw.

———. 1681. "Les Monts Pyrenees, Ou Sont Remarqués Les Passages de France En Espagne." Chez H. laillot, joignant les grands Augustins, aux deux Globes. https://www.ign.es/web/catalogo-cartoteca/resources/html/002879.html.

———. 1700. "L'Espagne Divisée En Tous Ses Royaumes et Principautés." http://bdh.bne.es/bnesearch/biblioteca/L'Espagne : divisée en tous ses Royaumes et Principautés, suivant quils sont compris sous les Couronnes de Castille, et d'Aragon. Possedées par le Roy Catholique, et sous la Couronne de Portugal, Possedée par le R.

Sanson, Nicolas, and Melchior Tavernier. 1641. "Carte Generale d'Espagne et de Tous Les Royaumes." http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b530780936.

Sarmiento, Martín. 1757. *Apuntamientos Para Un Discurso Sobre La Necesidad Que Hay En España de Unos Buenos Caminos Reales, y de Su Pública Utilidad*. Edited by Antonio Valladares de Sotomayor and Blas Román. http://biblioteca.galiciana.gal/es/consulta/registro.cmd?id=2870.

Schuler, J.E., A. Fauser, and T. Seifert. 1965. *Der Älteste Reiseatlas Der Welt [Das Itinerarium Orbis Christiani, 1579-1580]*. Stuttgart: Schuler Verlagsgesellschaf.

Schweitzer, Frank, Giorgio Fagiolo, Didier Sornette, Fernando Vega-Redondo, Alessandro Vespignani, and Douglas R. White. 2009. "Economic Networks: The New Challenges." *Science* 325 (July): 422–26. https://science.sciencemag.org/content/sci/325/5939/422.full.pdf?casa_token=7N86p9luuSsAAAAA:qkTSvRnQeLy5tgo43NWXhOU2R7dsVLsaeKPoocmdZKWIZbXYJi30LGOgAhek_MK5cAeJHt_lb70.

Senex, John. 1708. "A Correct Map of Spain and Portugal." http://www2.ign.es/MapasAbsysJPG/1062_12-D-43.jpg.

Serra, Armando. 2003. "'Monopolio Naturale' Di Autori Postali Nella Produzione Di Guide Italiane D'Europa, Fonti Storico-Postali Tra Cinque E Ottocento." *Archivio per La Storia Postale*, no. 14–15: 19–80. http://www.issp.po.it/articoli/1415_Serra.pdf.

Shaw, Michael Crozier. 2009. "El Siglo de Hacer Caminos- Spanish Road Reforms during the Eighteenth Century. A Survey and Assessment." *Dieciocho* 32 (2): 413–35.

Smith, Adam. 1776. *An Inquiry into the Nature and Causes of the the Wealth of Nations*. London: William Strahan and Thomas Cadell. https://doi.org/10.1111/2057-1615.12058.

Soto, Pau de. 2019. "Network Analysis to Model and Analyse Roman Transport and Mobility." In *Finding the Limits of the Limes*, 271–89. https://doi.org/10.1007/978-3-030-04576-0_13.

Stella, Cherubino Della, and Giovanni da L'Herba. 1564. *Poste per Diverse Parti Del Mondo. Et Il Viaggio Di S. Giacomo Di Galitia, Tutte Le Fiere Principali Del Mondo. La Narratione Di Roma, e Delle Sette Chiese Brevemente Ridotta*. Venice: Domenico Farri. https://books.google.es/books?id=NDlSAAAAcAAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false.

Strano, E., Andrew Adamatzky, and J. Jones. 2012. “Vie Physarale: Roman Roads with Slime Mould.” *Bioevaluation of World Transport Networks*. https://doi.org/10.1142/9789814407045_0010.

Thuillier, Père Barrière, and Turgis. 1838. “Nouvelle Carte Routiere d’Espagne et de Portugal.” Paris: chez Mme. Vve. Turgis, Rue S. Jacques Nº 16 et à Toulouse Rue S. Rome, nº 36. http://bdh.bne.es/bnesearch/biblioteca/Nouvelle carte Routière d’Espagne et de Portugal : Avec les distances des Postes /qls/bdh0000031140;jsessionid=0709CE79AE22D2982A86E2B9E109F36C.

Tortella, Gabriel. 1973. *Los Orígenes Del Capitalismo En España. Banca, Industria y Ferrocarriles En El Siglo XIX*. Madrid: Tecnos.

Tsompanas, Michail-antisthenis I, Georgios Ch Sirakoulis, and Andrew Adamatzky. 2016. *Cellular Automata Models Simulating Mould Computing*. *Advances in Physarum Machines*. Vol. 21. https://doi.org/10.1007/978-3-319-26662-6.

Urbano, Equipo. 1972. “Simulación de Una Red de Transportes. El Caso de Los Ferrocarriles Españoles.” *Revista de Geografia* 6 (1): 34–54.

Uriol Salcedo, José Ignacio. 1977. “Apuntes Para Una Historia Del Transporte En España. Los Viajes Por Las Posta En El Siglo XVIII y En Los Primeros Años Del Siglo XIX.” *Revista de Obras Públicas* 124 (3151): 837–56. http://ropdigital.ciccp.es/detalle_articulo.php?registro=5603&anio=1977&numero_revista=3151http://ropdigital.ciccp.es/detalle_articulo.php?registro=5603&anio=1977&numero_revista=3151.

———. 1985a. “Apuntes Para Una Historia Del Transporte En España. Los Últimos Años de Los Transportes Hipomóviles.” *Revista de Obras Públicas* 132 (3232): 25–32. http://ropdigital.ciccp.es/detalle_articulo.php?registro=2156&anio=1985&numero_revista=3232.

———. 1985b. “Las Calzadas Romanas y Los Caminos Del Siglo XVI.” *Revista de Obras Públicas*, 553–63.

———. 1992. *Historia de Los Caminos de España Vol. I Hasta El Siglo XIX*. 2th ed. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

Valk, Gerardum. 1704. “Regna Hispaniarum Atque Portugalliae.” Amsterdam. https://www.ign.es/web/catalogo-cartoteca/resources/html/002980.html.

Vanoutrive, Thomas, Greet De Block, and Ilja Van Damme. 2018. “Nature’s Order? Questioning Causality in the Modelling of Transport Networks.” *Geoforum* 97 (September): 324–34. https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2018.09.026.

Villuga, Juan de. 1546. *El Reportorio de Todos Los Caminos de España: Hasta Agora Nunca Visto En El Ql Allará Qlquier Viaje q Quiera Andar Muy Pvechoso Pa Todos Los Caminantes.* Medina del Campo: Pedro de Castro a costa de J. de Espinosa. http://www.traianvs.net/villuga/.

Visscher, Nicolas. 1704. “Regnorum Castellae Veteris, Legionis et Gallaeciae Principatuum q Biscaiae et Asturiarum Accuratissima Descriptio.” http://purl.pt/3749.

———. 1705. “Regnorum Castellae Novae Andalusiae Granadae Valentiae et Murciae Accurata Tabula.” http://cartotecadigital.icc.cat/cdm/singleitem/collection/espanya/id/1945/rec/2.

Voigtlaender, Nico, and Hans-Joachim Voth. 2019. “Highway to Hitler.” Working Paper 20150. https://www.nber.org/papers/w20150.pdf.

Vromen, Jack J. 1995. *Economic Evolution: An Inquiry into the Foundations of the New Institutional Economics*. Routledge.

Ward, Bernardo. 1762. *Proyecto Económico, En Que Se Proponen Varias Providencias, Dirigidas à Promover Los Intereses de España, Con Los Medios y Fondos de Necesarios Para Su Plantificación*. Segunda. Madrid: Joachin Ibarra. https://books.google.es/books?id=S4wEmgG-ys4C.

Wasserman, Stanley, and Katherine Faust. 1994. *Social Network Analysis: Methods and Applications*. Cambridge Univeristy Press.

Watts, D. J. 2003. *Six Degrees: The Science Ofa Connected Age*. London: Vintage.

Weber, Joe. 2012. “The Evolving Interstate Highway System and the Changing Geography of the United States.” *Journal of Transport Geography* 25: 70–86. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.07.012.

Wehrheim, Lino. 2019. *Economic History Goes Digital: Topic Modeling the Journal of Economic History*. *Cliometrica*. Vol. 13. Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/s11698-018-0171-7.

Wertheim, Haas. 1935. “Der Erste Europäische Straßenatlas.” *Imago Mundi* 1 (1): 41–43. https://doi.org/10.1080/03085693508591810.

Wit, Frederick de. 1700. “Nova et Accurata Totius Hispaniae Tabula Emendata a F. De Wit.” Ottens, Joachim. http://cartotecadigital.icgc.cat/cdm/singleitem/collection/espanya/id/2529/rec/1.

Apéndice

Tabla A.1.- Promedio de la centralidad de la intermediación por regiones

	1700	1750	1780	1820	1850	Crecimiento (1750-1850)	Desviación respecto a la nación
Andalucía	24412.5	24852.1	26489.5	33416.3	31082.7	27.3%	-3.3%
Aragón	42788.2	42576.6	42079.1	49547.8	50029.3	16.9%	-40.1%
Castilla la Nueva	40665.5	40054.3	41983.5	62452.0	64018.0	57.4%	103.3%
Castilla la Vieja	51418.0	49852.5	53952.5	56510.5	55550.3	8.0%	-71.6%
Cataluña	24585.9	24581.7	25205.8	33896.7	34300.0	39.5%	39.9%
Galicia	17122.6	17241.0	17770.4	18930.8	21649.2	26.4%	-6.4%
Granada	10090.4	10113.2	9794.8	6680.4	19516.1	93.4%	230.7%
Guipúzcoa*	8275.8	8112.7	8312.5	21158.9	22929.6	177.1%	526.8%
La Rioja*	71435.8	70379.4	69671.4	6123.6	8827.6	-87.6%	-410.2%
Las Asturias	12950.1	11922.5	9425.2	5553.0	4104.1	-68.3%	-341.8%
León	47556.6	48311.1	48424.5	48369.7	43056.6	-9.5%	-133.5%
Murcia	15051.2	15055.9	14830.9	19572.4	18726.6	24.4%	-13.6%
Navarra*	28700.0	28453.4	28225.1	21778.6	34697.2	20.9%	-26.0%
Valencia	31623.4	31632.8	35478.3	40862.9	46724.0	47.8%	69.0%
Vizcaya*	15534.0	16738.7	18231.7	14570.7	14786.5	-4.8%	-117.0%
ESPAÑA	32772.7	32576.6	33802.4	40711.5	42030.8	28.2%	0.0%
CV	0.57	0.56	0.57	0.59	0.52		
CV*	0.46	0.46	0.48	0.57	0.50		

Fuente: Elaboración propia.

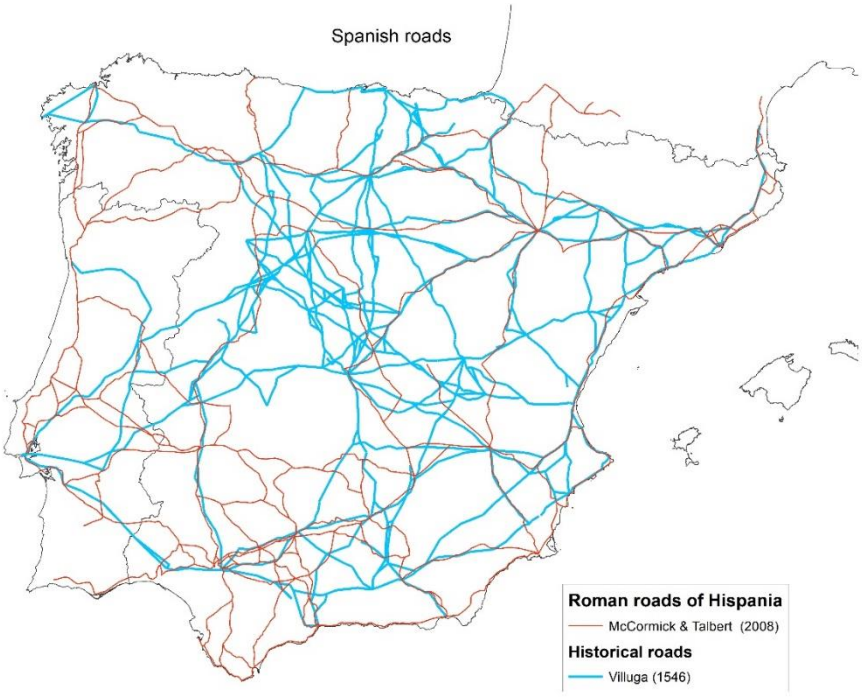


Figura A.1 Comparación de la red romana y los itinerarios de Villuga del siglo XVI. Fuente: elaboración propia

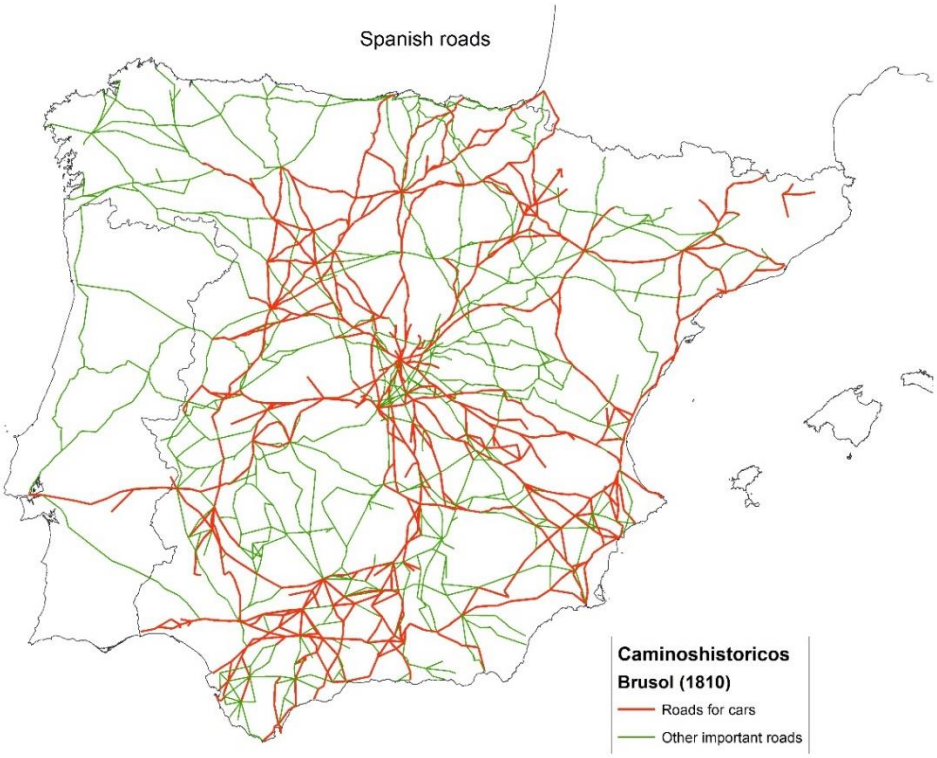


Figura A.2 Mapa de carreteras de Anónimo (1810). Fuente: elaboración propia.

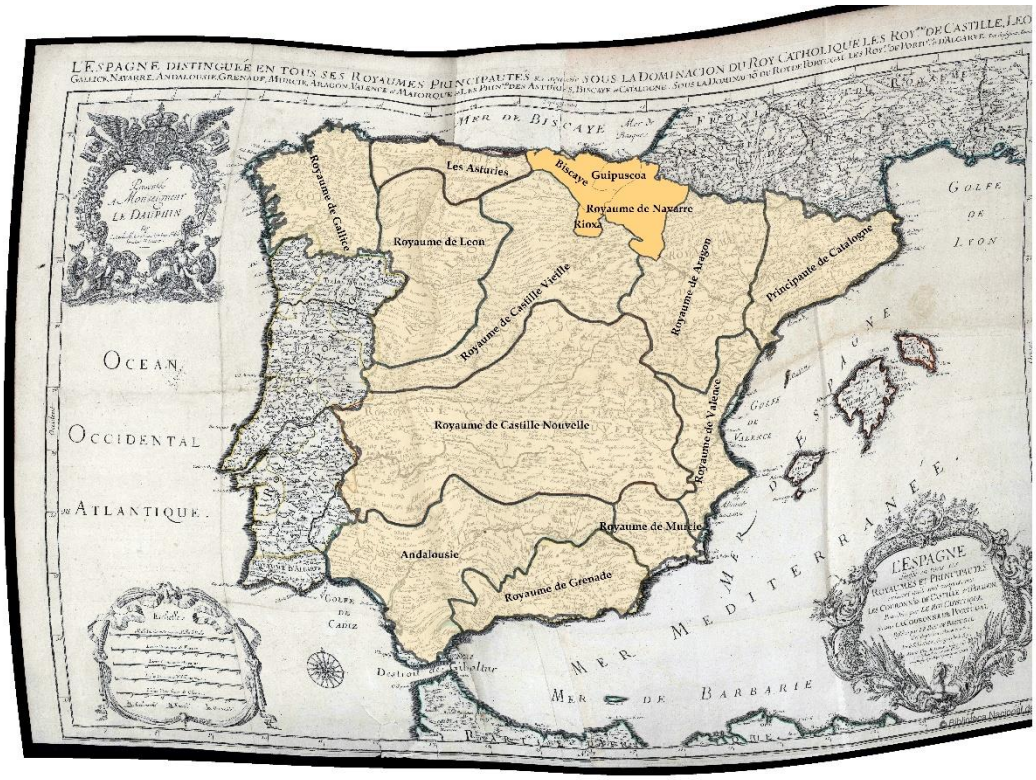


Figura A.3 División territorial de España.
Fuente: Sansón (1700) y elaboración propia.

La asignación de los efectos a nivel regional se complica por los cambios en la división territorial que se producen en el período. Para los cálculos se eligió la división territorial de principios del siglo XVIII. El uso de la actual división territorial no parece apropiado, ya que tanto las identidades locales como las fronteras internas que afectan al comercio no se corresponden exactamente con esta división. La incorporación explícita de las puertas de peaje habría sido deseable pero no es posible porque la información disponible es incompleta y está sesgada espacialmente (Madrazo Madrazo 1982).

Concretamente, el mapa utilizado como referencia regional para todos los períodos es el de (Sansón 1700) ya que se refiere al inicio del período analizado y es el mapa que utilizó (Grimaldo 1720) para establecer sus rutas postales. Para asignar los pueblos incluidos en el análisis a las diferentes regiones, se rectificó el mapa para ajustarlo a la realidad espacial del territorio.

Los principales cambios en la división regional de España durante el período según la cartografía de la época:

- Sansón y Tavernier (1641): Extremadura como comunidad autónoma.

- Sansón (1700): La misma división que la de 1641 pero Extremadura es ahora parte de Castilla la Nueva, excepto por el norte de Cáceres que está incluida en Castilla la Vieja.

- Chatelain (1706): Extremadura es una región autónoma, aunque es la única región sin su escudo de armas. El norte sigue perteneciendo a Castilla la Vieja.

- Homann (1750): Extremadura integra su zona norte.

- López de Vargas y Machuca (1802): El Reino de Granada está integrado en Andalucía. El Reino de León incorpora Valladolid, Palencia y el Principado de Asturias. La Corona de Aragón integra los cuatro reinos históricos. Castilla la Vieja incorpora Santander, que pertenecía a Vizcaya, y obtiene la salida al mar.

- Después de la guerra napoleónica, las regiones perdieron importancia en favor de las nuevas provincias. En cualquier caso, el mapa de Martín de López (1841) permite cómo se integran en los antiguos reinos. Valladolid y Palencia vuelven a la Castilla Vieja. Los históricos reinos de la Corona de Aragón vuelven a diferenciarse. Murcia incluye ahora a Albacete.