



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Máster

El impacto económico de la alta velocidad en las provincias españolas: *un enfoque de diferencias en diferencias*

Autor/es

Blanca Martínez Montolío

Director

Marcos Sanso-Navarro

Facultad de Economía y Empresa

Curso 2023-2024

El impacto económico de la alta velocidad en las provincias españolas: *un enfoque de diferencias en diferencias*

RESUMEN

Existe un creciente interés por la creación de líneas de alta velocidad ferroviaria en la Unión Europea como instrumento clave para la descarbonización del sector del transporte. En este trabajo se examina el impacto económico derivado de la inauguración de este tipo de infraestructuras en las provincias españolas. Con este fin, se emplean una serie de indicadores relativos al PIB per cápita, el empleo sectorial, la inscripción de sociedades mercantiles y la evolución de la población. Para ello, se construye un conjunto de datos panel que abarca las 50 provincias españolas durante el periodo que abarca los años de 1989 a 2022, y se adopta un enfoque econométrico basado en avances recientes en la metodología de diferencias en diferencias que permiten múltiples periodos de tratamiento y heterogeneidad en los efectos. Los resultados obtenidos sugieren que la inauguración de las líneas de alta velocidad en España ha generado impactos heterogéneos a nivel provincial en términos de PIB per cápita y creación de empresas. Los efectos sobre la población tienden a ser positivos, especialmente en horizontes más amplios de tiempo. Asimismo, se constata que los efectos sobre el empleo son sectoriales, con incrementos tanto en los servicios suministrados por el sector privado como en aquellos proporcionados por las administraciones públicas.

Palabras clave: alta velocidad ferroviaria, infraestructuras, análisis de impacto, datos de panel, diferencias en diferencias.

ABSTRACT

There is a growing interest in the creation of high-speed rail lines in the European Union as a key tool for decarbonizing the transport sector. This paper examines the economic impact resulting from the inauguration of such infrastructure in Spanish provinces. To this end, a series of indicators related to GDP per capita, sectoral employment, company registration, and population trends are employed. A panel dataset covering the 50 Spanish provinces from 1989 to 2022 is constructed, and an econometric approach based on recent advances in difference-in-differences methodology is adopted, allowing for multiple treatment periods and heterogeneity in the effects. The results suggest that the inauguration of high-speed rail lines in Spain has generated heterogeneous provincial impacts in terms of GDP per capita and business creation. The effects on population tend to be positive, especially over longer time horizons. Additionally, the findings show that the effects on employment are sectoral, with increases in both private sector services and those provided by public administrations.

Key words: high-speed railway, infrastructures, impact analysis, panel data, difference-in-differences.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
2. ANTECEDENTES.....	6
2.1 DEL FERROCARRIL CONVENCIONAL A LA ALTA VELOCIDAD EN EUROPA.....	6
2.1.2 EL CASO ESPAÑOL	9
2.2. LITERATURA RELACIONADA	10
3. DATOS	12
3.1 LAS LÍNEAS DE ALTA VELOCIDAD ESPAÑOLA	12
3.2 VARIABLES OBJETO DE ESTUDIO	15
4. METODOLOGÍA	16
5. RESULTADOS.....	20
6. CONCLUSIONES	27
7. BIBLIOGRAFÍA.....	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Evolución de la inversión en infraestructuras en Francia (% del PIB)	7
Figura 2 Evolución de la inversión en infraestructuras en España (% del PIB).....	8
Figura 3 Evolución de la inversión en infraestructuras en Alemania (% del PIB).....	8
Figura 4 Red ferroviaria de Alta Velocidad Española (abril 2022)	14
Figura 5 Efectos dinámicos de las LAV en el PIB per cápita provincial.....	21
Figura 6 Efectos promedios por año de inauguración de las LAV en el PIB per cápita provincial	21
Figura 7 Efectos dinámicos de las LAV en la creación de sociedades mercantiles a nivel provincial	22
Figura 8 Efectos promedios por año de inauguración las LAV en el total de empresas creadas a nivel provincial.....	22
Figura 9 Efectos promedios por año de inauguración las LAV en la creación de empresas cada 1.000 habitantes a nivel provincial.....	24
Figura 10 Efectos dinámicos de las LAV en la población a nivel provincial	24
Figura 11 Efectos promedios por año de inauguración las LAV en la población a nivel provincial	25

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación del empleo según el criterio NACE.....	15
Tabla 2 Efectos dinámicos de las LAV en el empleo provincial por sectores NACE	26
Tabla 3 Efectos promedios por año de inauguración de las LAV en el empleo provincial por sectores NACE.....	27

1. INTRODUCCIÓN

La inversión en infraestructuras ha sido considerada una de las claves del crecimiento económico, así como un eje central de las estrategias de desarrollo regional de la Unión Europea (UE). En particular, aquellas infraestructuras destinadas al transporte desempeñan un papel crucial en la cohesión territorial y la dinamización económica, facilitando el desplazamiento eficiente de personas y mercancías. Para ampliar la capacidad de las distintas modalidades de transporte, como carreteras, medios aéreos, red marítima y ferrocarril, se ha requerido una considerable dotación económica de fondos públicos (Crescenzi et al., 2016). De hecho, y dada su importancia socioeconómica, la construcción de redes de transporte es una cuestión que ha sido ampliamente investigada en la literatura económica. Calderón y Chong (2004) obtienen evidencia relativa a la existencia de una relación negativa y estadísticamente significativa entre la cantidad de infraestructuras y la desigualdad en el reparto de ingresos, sugiriendo que un aumento en la infraestructura tiende a reducir la desigualdad. Para el caso español, Fageda y Olivieri (2019) encuentran que la introducción de infraestructuras de transporte, particularmente carreteras, ha contribuido a la convergencia entre provincias. Por otro lado, investigaciones centradas en las inversiones ferroviarias, como la elaborada por De Rus et al. (2012), destacan los beneficios sociales generados por la alta velocidad, tales como la reducción en los tiempo de viaje, el aumento del confort y la seguridad, así como la disminución de la congestión en otros medios de transporte. Sin embargo, estos autores subrayan la importancia de llevar a cabo una evaluación económica de cada proyecto, en la que se comparen los beneficios sociales con los elevados costes de construcción y operación de estas líneas, con el fin de determinar su rentabilidad social.

En este contexto, cabe destacar que los servicios de transporte contribuyeron con un 5% al Valor Añadido Bruto de la UE en 2019. Como consecuencia, los programas gubernamentales vinculados a la red de transporte suponen un impacto considerable en términos económicos, organizativos y medioambientales (Comisión Europea, 2021). Esto hace esencial la existencia de una entidad que coordine y planifique la red de transporte a nivel europeo de manera uniforme. En este sentido, la Dirección General de Movilidad y Transportes de la Comisión Europea es la institución responsable de formular e implementar políticas orientadas a la creación de una red de transporte eficiente y sostenible que integre a los distintos Estados miembros de la UE. Desde la década de 1990, estas políticas han concentrado sus esfuerzos en completar la Red Transeuropea de Transporte (RTE-T), una infraestructura destinada al transporte de pasajeros y mercancías por carretera, ferrocarril, mar y aire, con el fin de facilitar la comunicación a lo largo de toda la UE. No obstante, la evolución de la infraestructura debe alinearse con los objetivos de movilidad sostenible. De modo que, la UE se ha propuesto en el conocido Green Deal¹ el objetivo de reducir las emisiones de carbono relacionadas con el transporte en un 90% para 2050. Para lograr esta meta, el ferrocarril de alta velocidad se presenta como una pieza fundamental ya que, en comparación con otros medios de transporte, como los vehículos de carretera y los aviones, ofrece niveles significativamente menores de

¹ Conjunto de propuestas adoptadas por la Comisión Europea para adaptar las políticas de la UE sobre clima, energía, transporte y fiscalidad con el objetivo de reducir las emisiones netas de gases de efecto invernadero en al menos un 55% de aquí a 2030, en comparación con los niveles de 1990. Para más información acudir a la página web oficial de la Comisión Europea.

emisiones de gases de efecto invernadero por pasajero-kilómetro, además de una mayor eficiencia energética. De hecho, el transporte fue responsable del 25% de las emisiones de gases de efecto invernadero de la UE en el año 2018, de las que el 72% provenían del transporte por carretera, el 27% del transporte marítimo y aéreo, mientras que el ferrocarril solo contribuyó en un 0,4 % (Agencia Europea del Medio Ambiente, 2021). Por tanto, la UE ha establecido como objetivo común a todos los países miembros “*duplicar el tráfico ferroviario de alta velocidad para 2030 y triplicarlo para 2050, en comparación con los niveles de 2015*” (European Rail Companies y Deutsche Bahn, 2023).

Para fomentar las inversiones de los países miembros y con el fin de alcanzar las metas establecidas, la UE ha proporcionado aproximadamente 23.700 millones de euros de cofinanciación, de los cuales, casi la mitad se destinaron a inversiones en España (Tribunal de Cuentas Europeo, 2018). Este apoyo financiero ha permitido a nuestro país intensificar, desde mediados de la década de 1980, sus esfuerzos en la financiación de infraestructuras de transporte, con el propósito de reducir la brecha existente en comparación con otros miembros de la UE. En particular, en 2005 se implementó el Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte (PEIT), que estableció un marco de actuación para el desarrollo de infraestructuras durante el período 2005-2020. Este programa ha sido crucial no solo para promover el desarrollo económico, sino también para mejorar la cohesión social y territorial, desempeñando un papel fundamental en la mejora de la conectividad regional. Este progreso se ha manifestado, por un lado, en un incremento sustancial de la red viaria de alta capacidad (autovías, autopistas y carreteras de doble calzada), que ha pasado de menos de 200 kilómetros en 1970 a más de 17.000 en 2021. Por otro lado, se ha intensificado el desarrollo de la red ferroviaria de alta velocidad, situando a España como el segundo país del mundo en términos de longitud de red, solo detrás de China, cuya extensión supera los 40.000 kilómetros, según el atlas publicado por la Unión Internacional de Ferrocarriles (UIC) en 2023, donde se recogen otras variables de interés sobre la evolución mundial de las líneas de alta velocidad.

Puede afirmarse que España ha conseguido desarrollar una densa red de infraestructuras de transporte durante las últimas décadas, marcando hitos significativos en la mejora de la conectividad tanto a nivel nacional como internacional. Sin embargo, el volumen de la financiación necesaria para alcanzar esta extensión de red ha sido considerablemente elevado. Concretamente, la inversión acumulada hasta el 2021 se acerca a los 58.000 millones de euros (ADIF, 2022). Según el informe presentado por el Tribunal de Cuentas Europeo en 2018, anteriormente mencionado, España se posiciona como el país europeo con el coste de construcción per cápita más elevado (1.159 euros). Por ello, la idoneidad de las inversiones ha sido puesta en tela de juicio en numerosas ocasiones, tanto en el ámbito académico como a nivel político. En la literatura económica existe un consenso generalizado sobre los efectos directos asociados a la introducción de esta avanzada tecnología, tales como la reducción en los tiempos de desplazamiento y las mejoras medioambientales. Sin embargo, los efectos indirectos, principalmente de carácter socioeconómico, como el impacto en el turismo, el empleo o el crecimiento de la población, no presentan conclusiones definitivas (Blanquart y Koning, 2017; Lérica et al., 2022).

Es, precisamente, esta falta de consenso la que motiva este Trabajo Fin de Máster, cuyo objetivo principal es el de realizar un análisis empírico del impacto que la apertura de las distintas líneas de la Alta Velocidad Española (AVE) ha tenido sobre diversas variables económicas de interés como son el PIB per cápita, la constitución de sociedades

mercantiles, la población y el empleo por sectores. Para llevar a cabo esta investigación, se ha elaborado una base de datos que abarca las 50 provincias españolas desde 1989 hasta 2022, cubriendo el periodo comprendido desde tres años antes de la inauguración de la primera línea de AVE hasta los datos más recientes disponibles. Con el fin de explorar rigurosamente y de manera detallada los posibles efectos generados por la implementación de esta infraestructura ferroviaria en el entorno económico provincial aplicaremos desarrollos recientes en los métodos de diferencias en diferencias (DiD, de sus siglas en inglés), que permiten diferentes fechas de tratamiento y que controlan por la presencia de heterogeneidad en los efectos.

El resto del trabajo se divide en cinco epígrafes. A continuación, se realiza una contextualización de la red ferroviaria, con énfasis en la de alta velocidad, así como una revisión de la literatura relacionada para exponer los principales hallazgos y justificar la necesidad de este trabajo de investigación. Seguidamente, se presentan las fuentes de datos y las variables objeto de estudio. En el cuarto epígrafe se explica la metodología utilizada para, en el quinto, mostrar los resultados obtenidos. Finalmente, se extraen las principales conclusiones que se obtienen de los mismos y discuten las limitaciones del estudio realizado y sus posibles extensiones.

2. ANTECEDENTES

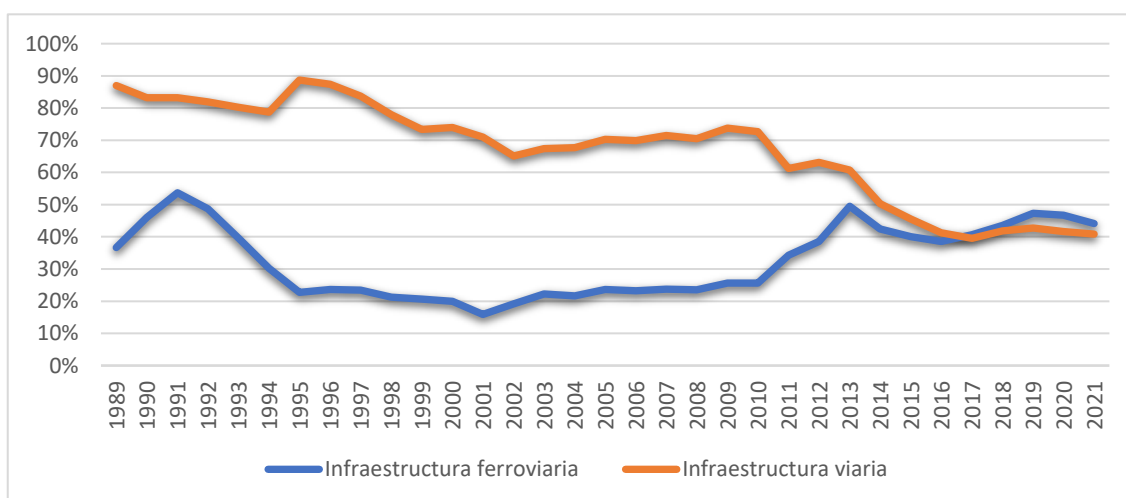
2.1 DEL FERROCARRIL CONVENCIONAL A LA ALTA VELOCIDAD EN EUROPA

Para contextualizar adecuadamente el concepto de la alta velocidad, es fundamental revisar el papel que ha desempeñado el ferrocarril a lo largo de la historia. Desde sus comienzos en el siglo XIX hasta la actualidad, este medio ha representado un hito significativo tanto en la evolución del transporte de pasajeros y mercancías como en la organización del territorio. Antes del desarrollo de sus principales componentes durante la Primera Revolución Industrial, los individuos se veían limitados a utilizar animales de carga o pequeñas embarcaciones en los ríos navegables como principales medios de transporte. La primera línea ferroviaria data del año 1825, aunque no fue sino hasta cinco años después cuando se estableció un servicio exclusivamente impulsado por locomotoras de vapor. Esta pionera línea conectó las urbes de Manchester y Liverpool, permitiendo que tanto pasajeros como mercancías pudieran trasladarse entre ambas ciudades a una velocidad sin precedentes (Museo de Ciencia e Industria de Manchester, 2018). El impacto socioeconómico de estas dos líneas supuso la aparición de más de 35 nuevas líneas ferroviarias por toda Gran Bretaña, conectando así las principales ciudades y alcanzando una infraestructura de más de 10.000 kilómetros en la década de 1850. El éxito alcanzado trascendió las fronteras nacionales, estableciendo un modelo que inspiró la construcción de cientos de nuevas líneas ferroviarias en diversas partes del mundo (Fremdling, 2003). El segundo país europeo en adoptar este medio de transporte fue Francia en 1827 donde se conecta la ciudad de Saint-Étienne con Andrézieux. Posteriormente, en 1832, cuando la línea llega hasta Lyon, se inició un proceso de expansión gradual de la red ferroviaria en todo el territorio francés. Seguidamente, Bélgica y Alemania lo introducen en 1835, coincidiendo con la llegada de la revolución industrial. Bélgica consideró el ferrocarril como un medio capaz de garantizar la independencia del país, planificando su red ferroviaria con la intención primordial de establecer un diseño radial, designando a Bruselas como el epicentro. Como resultado de esta planificación, se inauguró la primera línea, conectando la capital con Malinas

(Fundación de Ferrocarriles Españoles, 2010). Por su parte, Alemania conecta a través del ferrocarril por primera vez las ciudades de Nürnberg y Fürth para el transporte de pasajeros. Después de esta pequeña construcción, la red de ferrocarril tuvo una rápida expansión, posicionándose como uno de los principales protagonistas del crecimiento económico que experimentó Alemania entre 1830 y 1870 (Fremdling, 1981).

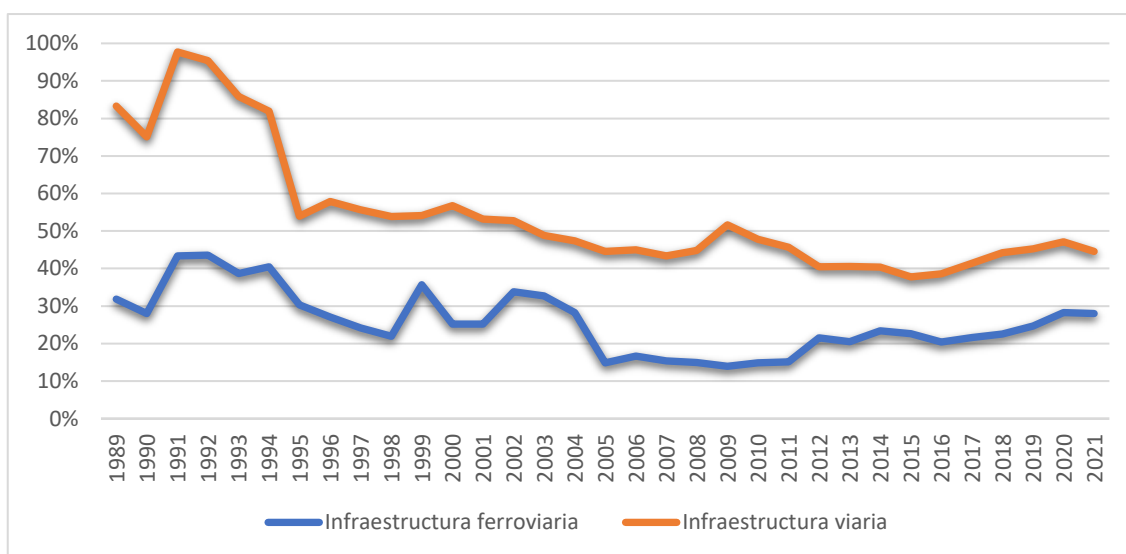
Lo anterior hizo que, para la década de 1870, se observara un crecimiento significativo de la red ferroviaria en la mayoría de los países europeos de los que, aproximadamente dos tercios, estaban concentrados en los países mencionados anteriormente (Morillas-Torné, 2014). Este desarrollo supuso un profundo impacto en la sociedad y la economía. Por un lado, el transporte se volvió más eficiente al agilizarse los tiempos de tránsito y reducirse los costes. Por otro lado, se mejoró la conectividad entre las regiones, potenciando el comercio en nuevos mercados, siendo un factor esencial para la distribución espacial de la actividad económica y la población, facilitando su movilidad tanto para el turismo como para el trabajo. Además, este progreso impulsó avances tecnológicos en otros ámbitos, como la aparición de nuevos materiales en la construcción de infraestructuras, incluyendo puentes y túneles (Cartwright, 2023). Sin embargo, tras la Primera Guerra Mundial, el sector ferroviario comenzó a experimentar un declive significativo por la creciente popularidad del automóvil y la construcción de carreteras, que supusieron una competencia clara ante el transporte ferroviario en los trayectos de corta y media distancia (Capel, 2007), siendo el desarrollo de la aviación comercial una alternativa al transporte de larga distancia. Las capacidades técnicas de estos nuevos medios de hicieron incompatible al ferrocarril tradicional con las exigencias de la demanda de los viajeros, haciéndole perder cuota de mercado (Sánchez Blanco, 1994). A partir de 1970, se introducen mejoras técnicas en el ferrocarril con el objetivo de reducir la diferencia existente en las velocidades de circulación con otros medios de transporte. En este contexto aparece el objeto principal de este trabajo: el ferrocarril de alta velocidad. Para ilustrar este cambio de prioridades, a continuación, se presentan unos gráficos que reflejan la evolución de la inversión en infraestructuras viarias (línea naranja) y ferroviarias (línea azul), expresadas como porcentaje del PIB, en Francia, Alemania y España desde 1989 hasta 2021, periodo que coincide con el elegido para este trabajo.

Figura 1 Evolución de la inversión en infraestructuras en Francia (% del PIB)



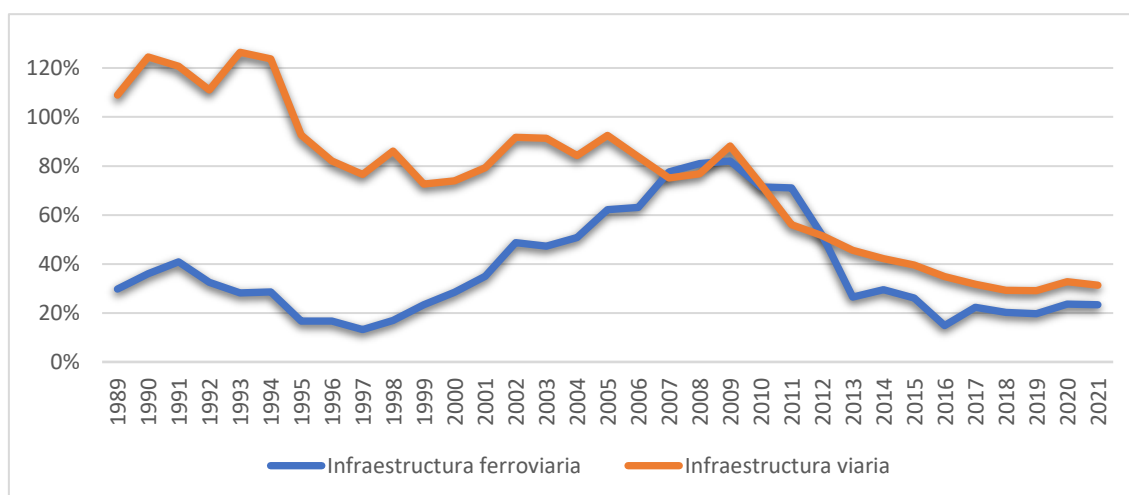
Fuente: Elaboración propia con datos extraídos de la OCDE

Figura 2 Evolución de la inversión en infraestructuras en Alemania (% del PIB)



Fuente: Elaboración propia con datos extraídos de la OCDE

Figura 3 Evolución de la inversión en infraestructuras en España (% del PIB)



Fuente: Elaboración propia con datos extraídos de la OCDE

Los tres países analizados evidencian una tendencia general a reducir la inversión en infraestructuras viarias y a incrementar aquella en ferroviarias. Sin embargo, este cambio es más acentuado en España y Francia en comparación con Alemania. Este cambio de paradigma está impulsado por la modernización de las líneas ferroviarias tradicionales y la introducción de la alta velocidad, que ha generado un aumento en la demanda de este tipo de transporte, dado que sus características se asemejan más al transporte aéreo que al ferroviario convencional (Plassard, 1992; Inglada-López de Sabando; Coto Millán, 2004; Gutiérrez Puebla; 2005). De tal forma, mientras que en el siglo XIX el Reino Unido fue pionero en la construcción de ferrocarriles, en el siglo XX Francia destacó como líder en el desarrollo de infraestructuras de alta velocidad. Inspirados por los avances de la Société Nationale des Chemins de fer Français (SNCF), otros países europeos comenzaron a adaptar sus servicios ferroviarios a modelos más competitivos. Alemania inició este proceso en 1988, seguida de España en 1992, Bélgica en 1997, y el Reino Unido en 2003 (UIC, 2015). Este patrón se refleja en los gráficos comparativos, donde se

observa que tanto Alemania como España comienzan con una tendencia decreciente en la inversión ferroviaria, aunque con dinámicas claramente diferenciadas. En Alemania, el crecimiento es gradual y sostenido, mientras que España experimenta un aumento significativo entre 2000 y 2007, seguido por una estabilización al final del periodo analizado.

Antes de proseguir con este epígrafe, es fundamental clarificar a qué nos referimos cuando hablamos de alta velocidad, a pesar de la falta de un consenso global en su definición. En Europa, la Directiva 96/48/CE de 1996 clasifica como líneas de alta velocidad aquellas diseñadas para velocidades iguales o superiores a 250 km/h, así como aquellas que han sido acondicionadas para alcanzar los 200 km/h. En China, el criterio se amplía para incluir todas las líneas que superan los 200 km/h. Generalmente, se considera que un tren de alta velocidad es aquel que opera a una velocidad significativamente mayor que la de un tren convencional (Yao et al., 2022). Sin embargo, organismos como la UIC definen los trenes de alta velocidad como aquellos que superan los 200 km/h y cuyo sistema operativo cumple con ciertas características técnicas específicas, como el equipo de seguimiento o los sistemas de señalización. Estas diferencias en su identificación pueden generar discrepancias al seleccionar las líneas de análisis. Por lo tanto, en este trabajo se adoptará el criterio propuesto por la UIC.

2.1.2 EL CASO ESPAÑOL

El desarrollo del modelo ferroviario español comienza en 1837 en una de sus antiguas colonias, Cuba, con el objetivo de mejorar el transporte de las cañas azúcar desde las plantaciones hasta los puertos. En la península ibérica, la implementación del ferrocarril se retrasó en comparación con el resto de Europa. La primera línea se inauguró en 1848, conectando Barcelona con Mataró con fines principalmente turísticos. El ritmo de construcción fue muy paulatino en sus primeros años, de modo que hasta 1855 solo se habían tendido 475 kilómetros de vía. No obstante, en los años subsiguientes, las obras experimentaron un considerable impulso, alcanzando en 1868 una extensión operativa de 4.899 kilómetros (Oliva Marañón et al., 2012). Este impulso fue promovido por la promulgación de la primera Ley General de Ferrocarriles en 1855, que contó con el apoyo de liberales y progresistas, facilitando la llegada de capitales de inversión (Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, 2021). Después de la Guerra Civil, y siguiendo el ejemplo de otros países europeos, la política económica se enfocó en la nacionalización del ferrocarril. Como resultado, se creó la Red Nacional de Ferrocarriles Españoles (RENFE), empresa pública encargada de la explotación de la red ferroviaria.

Durante las décadas siguientes, RENFE se centró en la modernización de la red, incluyendo la electrificación de las líneas principales y la implementación de tecnologías más avanzadas (Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, 2021). Sin embargo, no todo fueron buenas noticias, ya que la aparición del automóvil en la década de 1960 tuvo un impacto negativo en el uso del ferrocarril tanto para el transporte de mercancías como para el de pasajeros, provocando el cierre de aquellas líneas menos esenciales (Capel, 2007). Uno de los hitos más importantes fue la inauguración de la primera línea de alta velocidad en 1992, conectando Madrid con Sevilla, con el objetivo de reducir el nivel de saturación que sufría el Puerto de Despeñaperros y de favorecer el desarrollo del sur del país (Oliva Marañón et al., 2012). En definitiva, la estructura de la red ferroviaria

española se articula en torno a un nodo central en Madrid, desde el cual se extiende de manera radial a lo largo de la geografía nacional, conformando cinco ejes principales o corredores: norte (Asturias, Cantabria, País Vasco), noreste (Cataluña), este (Levante), sur (Andalucía), oeste (Extremadura) y noroeste (Galicia). A partir de estas líneas troncales, algunas de ellas presentan ramificaciones que alcanzan los extremos de la red. Algunos de estos corredores ya están ampliamente desarrollados y operan con servicios de alta velocidad, mientras que otros se encuentran en fases avanzadas de construcción y tienen tramos abiertos (norte, noroeste), y otros aún muestran un desarrollo limitado (oeste) (Lérida et al., 2022). Será en el siguiente epígrafe donde hagamos un análisis más exhaustivo de la apertura de tramos al estar vinculado con la estrategia empírica adoptada.

2.2. LITERATURA RELACIONADA

La aparición del ferrocarril en el siglo XIX representa un hito significativo en la evolución del transporte. En consecuencia, en los últimos años, este medio se ha convertido en el eje central de numerosas investigaciones académicas en diversos campos, desde análisis técnicos (Profillidis, 2000) hasta evaluaciones del impacto sobre la organización territorial (Álvarez-Palau, 2016). Además, otros estudios de carácter socioeconómico han profundizado en las múltiples facetas de su influencia, las cuales revisaremos a continuación dada su relevancia para esta investigación. El enfoque de esta revisión se centrará exclusivamente en aquellos trabajos relacionados con la alta velocidad ferroviaria, ya que nos permitirá adoptar una perspectiva más actual y alineada con los objetivos establecidos por el Consejo Europeo en materia de transporte.

La comprensión del impacto de la construcción de líneas de alta velocidad en la economía es esencial por diversas razones. Una de las más relevantes, alineada con la motivación central de este trabajo, es la significativa asignación de recursos públicos destinada a la expansión y modernización de dichos proyectos. A pesar de los numerosos beneficios sociales directos, globalmente aceptados, que genera su aparición, la evidencia empírica sobre si las unidades geográficas conectadas por esta tecnología realmente experimentan crecimiento económico es ambigua (De Rus et al., 2012). Otro de los principales motivos es la importancia que ha alcanzado a nivel mundial. Aunque la contextualización se ha centrado en Europa, es relevante destacar que la tecnología de alta velocidad ferroviaria está presente en más de diez países a nivel mundial, incluidos Estados Unidos, Corea, Turquía, Japón y China. Japón, pionero en la implementación de trenes de alta velocidad, puso en funcionamiento el tren Shinkansen en 1964, conectando Tokio con Osaka a una velocidad de 210 km/h (UIC, 2015). Sin embargo, en términos generales, las líneas de alta velocidad ferroviaria en Europa, salvo contadas excepciones, están muy por debajo de los niveles de demanda alcanzados en los países asiáticos. Regiones como Japón, China y Corea del Sur han logrado un éxito notable en términos de volumen de pasajeros y rentabilidad económico-financiera, destacándose como líderes en el desarrollo de esta tecnología (Lérida et al., 2022). En definitiva, el impresionante desarrollo experimentado por China y España, que como hemos comentado anteriormente es el segundo país a nivel mundial con mayor longitud de red, les ha convertido en los principales protagonistas de las evaluaciones empíricas.

Por otro lado, el incremento de la inversión se ha visto justificado por la creencia en su capacidad para potenciar aspectos como el crecimiento poblacional, el empleo, la promoción del turismo y la activación económica, entre otros. Esta percepción ha llevado a la realización de numerosos estudios que abordan los posibles efectos socioeconómicos indirectos de la alta velocidad desde diversas perspectivas. No obstante, es fundamental reconocer que establecer relaciones causales claras entre la introducción de estos trenes y variables tales como las mencionadas anteriormente es un desafío considerable (Lérida et al., 2022). Para solventar este problema, es imprescindible utilizar metodologías que sean capaces de identificar estas relaciones de manera robusta. Para ello, algunos autores han evaluado la rentabilidad económica general de la alta velocidad, utilizando tanto análisis *ex post*, donde se analiza la efectividad de expectativas iniciales de inversiones completadas (Albalate y Bel, 2015; Betancor y Llobet, 2015; De Rus et al., 2012), como *ex ante*, en los que se evalúa de manera anticipada los costes y beneficios de un proyecto antes de su puesta en marcha, siendo de vital importancia para justificar la inversión (De Rus, 2011; EY, 2023). Todos estos trabajos ofrecen perspectivas muy desfavorables acerca del impacto, en términos económicos, de los proyectos de alta velocidad implementados en España.

Según Albalate y Bel (2015), las únicas líneas con una clara rentabilidad tanto a nivel financiero como social son las de París-Lyon (Francia), Tokio-Osaka (Japón) y Jinan-Qingdao (China), debido a su gran tamaño, elevada densidad de población y distancia óptima de trayecto entre urbes. Otros se han centrado en sectores concretos como el turístico, donde se obtienen conclusiones diversas en función del país de estudio. Albalate y Fageda (2016) encuentran un incremento no significativo en el número total de turistas en el primer año de operación para el caso español, efecto que se revierte en los periodos posteriores. Los resultados de Yao et al. (2022) para China sugieren un aumento del ingreso por turismo, sobre todo en aquellas regiones más subdesarrolladas. Por su parte, Bazin et al. (2013) se centran en cómo afecta el tamaño de las ciudades para el caso francés, evidenciando que aquellas de menor tamaño se encuentran en desventaja a los posibles efectos de la alta velocidad.

Se observa una constante recurrencia en los estudios realizados de medir sus posibles efectos en la atracción de nuevas empresas, la creación de empleo, el incremento del PIB y la variación poblacional. Para abordar la primera de las cuestiones, Matas et al. (2020) examinan la influencia de las estaciones de trenes de alta velocidad en la creación de empresas españolas. El estudio concluye que la presencia de estaciones actúa como un motor de desarrollo económico, facilitando la creación de empresas, sobre todo en el sector servicios y turístico, y en aquellas ciudades de mayor tamaño. Zhang y Xu (2022) también sugieren un aumento de la fuerza laboral en el sector servicios a nivel provincial, frente a una disminución en el sector manufacturero. Este trabajo observa un incremento en las migraciones laborales o en la calidad de vida de los trabajadores, pero no se encuentra evidencia de que los servicios de alta velocidad creen nuevos puestos de empleo en ninguno de los sectores. En línea con este último resultado, otros trabajos ponen el foco en cómo la implementación de la alta velocidad genera cambios en la redistribución o la creación del empleo. Para reforzar los resultados alcanzados en China, Dong (2018) muestra que los ferrocarriles de alta velocidad tienen un impacto diferencial en las

industrias relacionados con los viajes, específicamente los sectores minorista/mayorista y hotelero/alimentario. En lo relativo a crecimiento económico, cabe señalar el trabajo de Ahlfeldt y Feddersen (2015) sobre la línea de alta velocidad que conecta Colonia y Frankfurt desde 2001, donde observan que el PIB de las regiones entre ambas estaciones aumentó un 8,5% más rápido en comparación con el escenario sin el proyecto. Sin embargo, Quin (2017) observa una reducción del 4-6 % en el PIB y el PIB per cápita tras la modernización del ferrocarril en los condados afectados, lo cual se puede explicar por un traslado de las inversiones a las ciudades de mayor tamaño. En último lugar, los efectos sobre la población también presentan resultados dispares. Miralles i García (2018) obtiene que los efectos demográficos contemplados siguen distintas dinámicas, encontrando un impacto significativo en aquellas áreas bien conectadas por la red de alta velocidad. Este autor también considera probable que los servicios de alta velocidad ayuden a algunas ciudades en su proceso de integración en áreas metropolitanas cercanas. En consonancia con esto, Martín et al. (2004) describen el fenómeno conocido como "efecto túnel", según el cual la alta velocidad ferroviaria conecta principalmente los centros urbanos que cuentan con una estación, excluyendo así a aquellas localidades por las que solo transcurre el tren sin detenerse, lo que las margina de las dinámicas de movilidad poblacional.

En conjunto, los estudios descritos anteriormente proporcionan una perspectiva variada sobre los impactos de la alta velocidad ferroviaria, subrayando su papel fundamental en la transformación socioeconómica de las regiones. Si bien los resultados varían y dependen en gran medida del contexto específico de cada país o región, la literatura destaca la importancia de la alta velocidad como un elemento estratégico en la planificación y el desarrollo territorial. En comparación con las investigaciones previas, este trabajo aporta novedades en varias dimensiones. En primer lugar, se analiza la construcción de todas las líneas de alta velocidad inauguradas en el territorio nacional hasta la fecha. Además, se utiliza una técnica econométrica más sofisticada que el modelo de los efectos fijos bidireccionales (TWFE, de sus siglas en inglés), comúnmente empleado en la literatura revisada en la estimación de diferencias en diferencias. Esta metodología permite incorporar múltiples periodos de implementación y efectos heterogéneos. Los detalles y la relevancia del enfoque aplicado se discuten en el cuarto epígrafe.

3. DATOS

En este epígrafe se emplearán diversas fuentes para la construcción de la base de datos, que abarca el conjunto de las 50 provincias españolas desde 1989 hasta 2022. Por tanto, nuestro periodo muestral incluye tres años antes de la inauguración de la primera línea de AVE y se extiende hasta los datos más recientes disponibles. Esto permite realizar un análisis detallado del comportamiento de las variables de interés – PIB, empleo, creación de empresas y población – que se presentan en la parte de este epígrafe.

3.1 LAS LÍNEAS DE ALTA VELOCIDAD ESPAÑOLA

La apertura de tramos y líneas de alta velocidad en España ha seguido una cronología significativa, de modo que se utilizan distintas fuentes para documentar la expansión de la red. Estas incluyen informes del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, así como estadísticas e informes proporcionadas por el Administrador de

Infraestructuras Ferroviarias (ADIF) y RENFE en sus páginas web oficiales. Además, se tiene en cuenta el atlas publicado por la UIC en 2023, donde se referencian más de 43 países con más de 400 líneas de alta velocidad en servicio, en construcción o planificadas, así como diversos indicadores que muestran su evolución.

Tras el acuerdo de diciembre de 1988, en el que el Consejo de Ministros decidió implementar el ancho de vía internacional como estándar en la construcción de las futuras Líneas de Alta Velocidad (LAV), se sentaron así las bases para la integración de la red ferroviaria española con el resto de Europa. En abril de 1992 se inauguró la totalidad de la LAV Madrid-Sevilla, proporcionando además servicio a las poblaciones de Ciudad Real, Puertollano y Córdoba. Esta infraestructura, que se extendía a lo largo de 470,5 km, fue considerada una de las mayores obras de ingeniería de la época, con una inversión superior a los 3.250 millones de euros. La nueva ruta y el aumento en la velocidad de circulación permitieron reducir a la mitad el tiempo de viaje en tren entre Madrid y Sevilla, pasando de 5 horas y 48 minutos a tan solo 2 horas y 50 minutos. Sin embargo, no fue hasta finales de 2003 cuando la red española comenzó a expandirse nuevamente, con la apertura del tramo Madrid-Zaragoza-Lérida de la LAV Madrid-Cataluña-Francia, acercando esta tecnología a Guadalajara, Calatayud y las dos ciudades protagonistas del tramo. Seguidamente, en diciembre del mismo año, se inauguró el ramal que conecta Zaragoza con Tardienta y Huesca. Dos años después, la alta velocidad llegó a Toledo, constituyendo el primer tramo de la LAV Madrid-Extremadura.

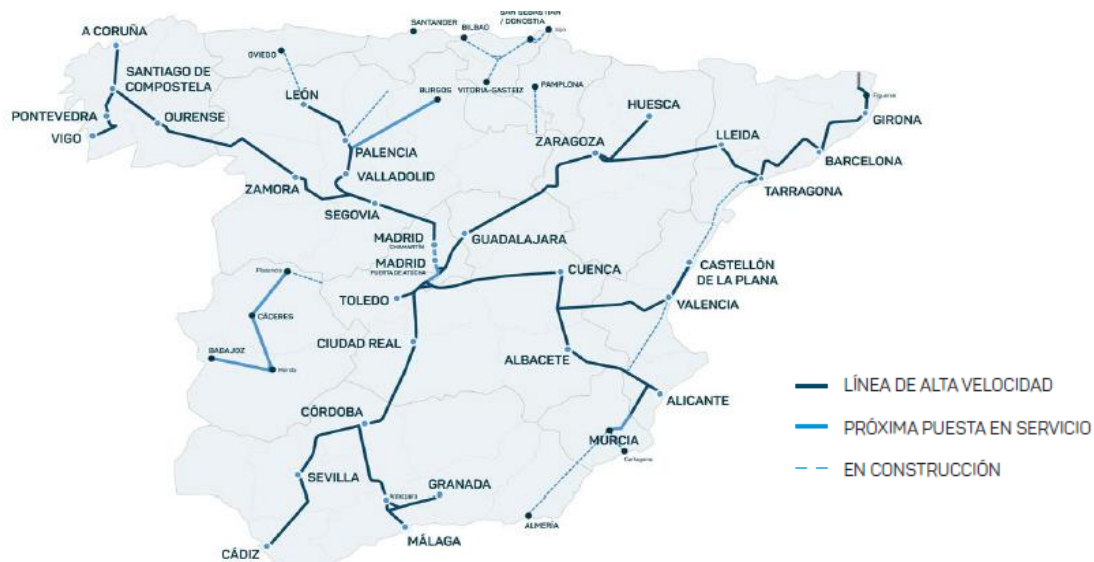
El éxito técnico y comercial de la primera LAV supuso un gran impulso para el desarrollo de más líneas durante los años 2000. A finales de 2006 se inauguran dos nuevos tramos: el primero de ellos, conectaba Córdoba hasta Antequera, empezando la LAV Córdoba-Málaga; el segundo, supuso la continuación de la LAV Madrid-Cataluña-Francia, alargando el servicio desde Lérida hasta Tarragona. En 2007, se abrió la LAV Madrid-Segovia-Valladolid, facilitando el acceso a los servicios AVE en el norte de España. Poco después, ese mismo año, se culminó la LAV Córdoba-Málaga, permitiendo que la alta velocidad llegara desde Antequera a Málaga. Posteriormente, en 2008, se concluyó el tramo Tarragona-Barcelona. En diciembre de 2010, se inauguró la mayor parte de la LAV Madrid-Levante, proporcionando servicios AVE a Cuenca, Albacete, Requena, Utiel y Valencia, abarcando el primera tramo de LAV Madrid-Castilla la Mancha-Comunidad Valenciana-Región de Murcia. Además, en este período, se inauguró el tramo desde Barcelona hasta Figueras (LAV Madrid-Barcelona-Francia).

En 2011, se inauguró una parte del Eje Atlántico en Galicia con una línea de alta velocidad que conectaba Orense, Santiago de Compostela y La Coruña, aunque permanecía aislada del resto de la red nacional (LAV Madrid-Galicia y LAV Eje Atlántico). Más adelante, en marzo de 2015, se completó el Eje Atlántico con la apertura del tramo que unía Vigo y Pontevedra. En junio del mismo año, la LAV Madrid-Castilla-La Mancha-Comunidad Valenciana-Región de Murcia se extendió hasta Villena y Alicante. En septiembre se inauguró la LAV Valladolid-León, conectando Palencia y León. Un mes después, en octubre, se concluyó la reforma de la línea de altas prestaciones entre Sevilla y Cádiz. Finalmente, en diciembre, se completó el tramo Olmedo-Zamora de la LAV Madrid-Galicia, que también ofreció nuevos servicios a Salamanca. Asimismo, se finalizó la LAV Madrid-Barcelona-Francia con la inauguración del tramo Gerona-Figueras-Francia.

Por último, gracias al Corredor Mediterráneo, los servicios de alta velocidad llegaron a Castellón de la Plana (LAV Madrid-Castilla la Mancha-Comunidad Valenciana-Región de Murcia) en 2018. Un año más tarde, Granada se une a la red a través de la LAV Antequera-Granada. En enero de 2020, se inauguró el tramo Vandellós-Tarragona, conectando el Corredor Mediterráneo con la LAV Madrid-Barcelona. En octubre del mismo año, entró en servicio el tramo Zamora-Pedralba de la Pradería de la LAV Madrid-Galicia, completando la línea de alta velocidad mencionada anteriormente (Olmedo-Zamora-Galicia) con la inauguración del tramo Zamora-Orense. En 2021, se amplía la Madrid-Castilla la Mancha-Comunidad Valenciana-Región de Murcia con la apertura del tramo Monforte del Cid-Elche-Orihuela. Por tanto, la red de Alta Velocidad Española se estructura en cuatro corredores principales, con una longitud total aproximada de 4.000 km, a lo largo de los cuales operan las líneas previamente mencionadas, ofreciendo una amplia gama de servicios. Esta infraestructura sitúa a España como el país con la mayor red de alta velocidad en Europa y la segunda más extensa a nivel mundial, solo superada por China.

Como se ha expuesto, este estudio tiene como objetivo analizar el impacto a nivel provincial, correspondiente al nivel 3 de la clasificación NUTS². Para ello, se ha extraído de la cronología previa un resumen de los años de inauguración de las líneas de alta velocidad por provincia. Este enfoque permite diferenciar entre las provincias que han adoptado esta tecnología (es decir, aquellas que reciben el *tratamiento*) y aquellas que no (que harán las veces de grupo de *control*), paso fundamental para aplicar el modelo econométrico que explicaremos en el siguiente epígrafe. Podemos concluir que, de las 50 provincias españolas, en 32 se han inaugurado líneas de alta velocidad en diferentes años. La Figura 4 muestra un mapa donde se representan las LAV existentes en España hasta abril de 2022.

Figura 2 Red ferroviaria de Alta Velocidad Española (abril 2022)



Fuente: ADIF Dossier 30 Aniversario

² La UE creó una nomenclatura común de unidades territoriales estadísticas denominada Nomenclature des Unités Territoriales Statiques (NUTS, de sus siglas en francés) con el fin de armonizar la recopilación y generación de estadísticas de carácter regional. Reglamento (CE) n.º 1059/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo.

3.2 VARIABLES OBJETO DE ESTUDIO

Una fuente de información utilizada para la elaboración de este trabajo ha sido la Base de Datos Regional Anual de la Comisión Europea (ARDECO), que proporciona series temporales consistentes y armonizadas de datos estadísticos de carácter demográfico y socioeconómico a nivel regional y subregional. Por tanto, ARDECO es una fuente de datos secundarios, ya que organiza, procesa y complementa datos oficiales de fuentes como las "Cuentas Regionales" de Eurostat y las oficinas estadísticas nacionales o regionales.³ Las variables dependientes relativas a la población total, el PIB per cápita y el empleo por sector según la clasificación NACE, fueron obtenidas de esta fuente.

En primer lugar, la población total se determina como el promedio de la población al 1 de enero de dos años consecutivos, lo que permite calcular la población media anual basada en las Cuentas Regionales. Estos datos son esenciales para el cálculo de indicadores per cápita. Por otro lado, El PIB se define como la medida de la producción total, es decir, el valor monetario de todos los bienes y servicios generados dentro de una región o país durante un periodo específico. En este estudio, se ha considerado el PIB a precios constantes de 2015 en euros, facilitando así una comparación más precisa del rendimiento económico a lo largo del tiempo. Mediante el uso de las series temporales de estas dos variables, se ha calculado el PIB per cápita dividiendo el PIB entre la población total para todo el periodo de estudio. En lo que respecta a la obtención de datos sobre el empleo por industria, estos se miden en función de la región en la que se desempeña el trabajador, en lugar de basarse en su lugar de residencia. A continuación, se presenta una clasificación del empleo de acuerdo con el sistema de clasificación NACE⁴, que abarca seis sectores principales. Este nivel de desagregación facilitará la identificación de patrones de comportamiento en la creación o pérdida de empleo entre los diferentes sectores y regiones. Destacar que no disponemos de observaciones para la creación de empleo en 2022, de modo que al estimar no podremos ver el impacto en los tramos cuya apertura haya tenido lugar en dicho año.

Tabla 1 Clasificación del empleo según el criterio NACE

SECTOR	DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN 6 SECTORES
A	Agricultura, silvicultura y pesca	A
B	Minería	B-E
C	Industria	
D	Suministro de electricidad, gas, etc.	
E	Abastecimiento de agua; alcantarillado, gestión de residuos...	
F	Construcción	F
G	Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos de motor	G-J
H	Transporte y almacenamiento	
I	Servicios de alimentación y alojamiento	

³ Los datos de las variables dependientes que se pretende analizar fueron extraídos en septiembre de 2023.

⁴ NACE es el acrónimo del término francés "Nomenclature Statistique des Activités économiques dans la Communauté Européenne" que se utiliza para designar las distintas clasificaciones estadísticas de actividades económicas desarrolladas desde 1970 en la Unión Europea.

SECTOR	DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN 6 SECTORES
J	Comunicación e información	G-J
K	Actividades financieras y de seguros	K-N
L	Actividades inmobiliarias	
M	Actividades profesionales, científicas y técnicas	
N	Actividades de servicios administrativos	
O	Administración pública y defensa; Seguridad Social	O-U
P	Educación	
Q	Actividades de sanidad y trabajo social	
R	Artes y entretenimiento	
S	Otras actividades de servicio	
T	Actividades de los hogares como empleadores	
U	Actividades de organizaciones y organismos extraterritoriales	

Fuente: Elaboración propia con datos de la Comisión Europea

Para analizar la dinámica empresarial de las provincias españolas, se utilizan los datos proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística (INE), específicamente en la sección dedicada a las estadísticas de sociedades mercantiles. En su portal web, es posible acceder al número de sociedades constituidas en España a nivel provincial desde el año 2000 hasta 2022. Para obtener las observaciones de la serie temporal correspondientes a los años 1995 a 1999, es necesario consultar la sección de Estadísticas Financieras y Monetarias, donde se encuentra disponible el mismo indicador para cada año. Por último, los datos correspondientes al período de 1989 a 1994 se obtienen de la edición impresa del Anuario Estadístico de España 2002-2003, también elaborado por el INE.

4. METODOLOGÍA

Con el fin de evaluar el impacto de la alta velocidad ferroviaria en la economía española, analizamos el comportamiento de variables clave como el PIB per cápita, el empleo y la constitución de sociedades, comparando su evolución antes y después de la inauguración de dichas líneas. Para ello, emplearemos la metodología econométrica de diferencias en diferencias ampliamente reconocida y utilizada por los investigadores en el campo de las ciencias sociales para analizar los efectos de la implementación de políticas públicas en contextos económicos. Esta especificación nos permitirá conocer el impacto neto que supone en las variables endógenas la medida o política llevada a cabo, en nuestro caso el hito temporal que marcará la frontera de análisis, es decir, el tratamiento, es la puesta en funcionamiento de las líneas ferroviarias de alta velocidad.

El enfoque que se va a utilizar ha sido una herramienta crucial en la investigación empírica. Aunque el uso formal del modelo se atribuye a trabajos económicos posteriores, uno de los primeros ejemplos de un razonamiento similar proviene de la investigación de Snow (1855). Este autor, en el marco del estudio de la propagación del cólera en Londres, comparó las tasas de mortalidad entre diferentes áreas de la ciudad antes y después de que se contaminara el suministro de agua, sentando las bases conceptuales para lo que más tarde sería el modelo de diferencias en diferencias (Abadie y Cattaneo, 2018). Desde entonces, numerosos investigadores han perfeccionado y aplicado esta metodología en diversos contextos. Algunos de los estudios más destacados son el de Card (1990), quien utiliza esta metodología para comparar los niveles salariales de los trabajadores nativos

menos calificados antes y después de la llegada de inmigrantes cubanos durante el éxodo del Mariel; o el de Card y Krueger (1994), quienes emplearon la especificación para analizar el efecto del salario mínimo en el empleo, concluyendo que la subida del salario mínimo no redujo el empleo en restaurantes de comida rápida, desafiando la teoría económica convencional.

El planteamiento más básico del modelo requiere observar dos grupos de individuos ($i = 1, 2$), en dos momentos distintos del tiempo ($t = 1, 2$), siendo uno de esos dos grupos afectado por un tratamiento, cuyo efecto causal se pretende estimar. En el primer periodo, ambos grupos están expuestos a la condición de control. En el segundo periodo, el tratamiento se aplica únicamente al segundo grupo. Para recoger este efecto se utiliza una variable ficticia de carácter binario (Dit) donde las unidades de población tratadas toman valor $Di = 1$ en el periodo $t = 2$, tras recibir el tratamiento, mientras que las unidades de la población no tratada (también conocidas como grupo de control) toman valor $Dit = 0$ en ambos periodos. El objetivo principal de este método es conocer si una intervención causa o no un impacto sobre una variable de interés (Y_{it}), siendo la formulación del modelo la siguiente:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 Dit + \varepsilon_{it}$$

ε_{it} es un término de error con los supuestos habituales de la perturbación aleatoria y β_1 es el parámetro de interés que nos recogerá el efecto del tratamiento sobre la variable de estudio Y_{it} (Roth et al., 2023). Cabe señalar que los datos pueden ser tanto de corte transversal, en los cuales se observan diferentes individuos en distintos momentos del tiempo; como panel, donde se observa a los mismos individuos a lo largo del tiempo. El único requerimiento es que la muestra sea aleatoria. Con el propósito de conocer el impacto neto se utiliza un estimador que mide el efecto causal promedio sobre las unidades tratadas (ATT) en el periodo $t = 2$. Para ello es necesario adoptar un marco de resultados potenciales para la variable observada, de modo que, denotamos $Y_{it}(0) = Y_{it}(0,0)$ si la unidad permanece intacta en ambos períodos, mientras que si recibe el tratamiento escribiremos $Y_{it}(1) = Y_{it}(0,1)$. Por tanto, representamos el parámetro tal que:

$$\tau_2 = E [Y_{i2}(1) - Y_{i2}(0) \mid Di = 1]$$

La clave para realizar esta estimación es suponer tendencias paralelas en el comportamiento de la variable objeto de estudio para ambos grupos antes de la implementación de la política, es decir, el resultado promedio para las poblaciones tratadas y no tratadas habría evolucionado análogamente si no se hubiera producido el tratamiento. Esta hipótesis es útil porque la trayectoria de los resultados potenciales no tratados para las unidades en el grupo tratado (el término a la izquierda en la ecuación anterior) no se conoce, pero el investigador sí observa la trayectoria de los resultados potenciales no tratados para las unidades en el grupo no tratado (el término a la derecha) (R-project, 2022). Además, es importante tener en cuenta el supuesto de no anticipación ($Y_{i1}(0) = Y_{i1}(1)$ para cada i tal que $Di = 1$), donde se asume que cualquier efecto antes del periodo de tratamiento es insignificante o no está relacionado con el tratamiento, de este modo se garantiza que la estimación no se encuentra sesgada. Así, se obtiene la expresión que se presenta a continuación, la cual proporciona una "diferencia en diferencias" de las expectativas poblacionales (Roth et al., 2023).

$$E[Y_{i2}(0) - Y_{i1}(0) | Di = 1] = E[Y_{i2}(0) - Y_{i1} | Di = 0] \rightarrow$$

$$\rightarrow \tau_2 = E [Y_{i2} - Y_{i1} | Di = 1] - E [Y_{i2} - Y_{i1} | Di = 0]$$

Existen distintas formas de calcular el efecto promedio del tratamiento ($\hat{\tau}_2$). Por un lado, podríamos sustituir las esperanzas por las medias muestrales y obtener las diferencias.

$$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i$$

Otra técnica comúnmente utilizada es la de los efectos fijos bidireccionales, el cual se representa tal que: $Y_{it} = \alpha_i + \phi_t + \beta Di + \varepsilon_{it}$. Donde en el modelo canónico, bajo las condiciones mencionadas, se puede demostrar que $\hat{\beta}$ estimado mediante mínimos cuadrados ordinarios (MCO) es equivalente a $\hat{\tau}_2$.

Aunque este enfoque ha sido ampliamente utilizado en investigaciones empíricas, varios estudios recientes han identificado potenciales limitaciones en su aplicación y han propuesto alternativas para abordar estos problemas. Entre los principales inconvenientes se encuentra la heterogeneidad de los efectos del tratamiento. El ATT presenta menor robustez frente a la heterogeneidad cuando se consideran múltiples períodos de tiempo y cuando las unidades reciben el tratamiento en momentos distintos, fenómenos comunes en la investigación económica. La principal explicación radica en que el estimador MCO no distingue entre los grupos de tratamiento y control; simplemente minimiza la media del error cuadrático, lo que puede implicar comparaciones entre grupos tratados en momentos distintos, generando problemas si estos grupos no cumplen con supuestos ideales como el paralelismo de tendencias y la ausencia de efectos anticipatorios. Por ejemplo, Goodman-Bacon (2021) argumenta que las estimaciones estáticas del efecto del tratamiento obtenidas mediante regresiones TWFE en diseños escalonados no siempre proporcionan una estimación precisa del ATT. Para ello, descompone el modelo básico de diferencias en diferencias y demuestra que el ATT equivale a una media ponderada de todos los posibles estimadores simples de tipo 2x2, que comparan un grupo con cambios en el estatus de tratamiento con otro grupo que no experimenta tales cambios.

En el presente trabajo, emplearemos la variante propuesta por Callaway y Sant'Anna (2021) para estimar el impacto de la alta velocidad en las variables de interés. Estos autores proponen un marco empírico para estimar los efectos promedio del tratamiento en configuraciones con múltiples periodos de tiempo, donde existe variación en el tiempo al aplicar el tratamiento. Teniendo en cuenta el esquema presentado por Sanso-Navarro y Vera-Cabello (2023) y en un contexto de datos panel, se considera una muestra aleatoria $\{(Y_{i1}, Y_{i2}, \dots, Y_{iT}, D_{i1}, D_{i2}, \dots, D_{iT}, X_i)\}_{i=1}^n$ donde X_i representa un vector de regresores para la unidad i . Resulta fundamental adoptar un esquema de tratamiento escalonado tal que: $D_{it} = 1 \rightarrow D_{it+1} = 1$ para todo $t = 1, 2, \dots, \tau$. Además, en el momento del inicio del tratamiento se modela utilizando variables ficticias G_{ig} que toman valor uno si la unidad i es tratada por primera vez en g , y valor cero en caso contrario. También se asume que no hay anticipación del tratamiento

El parámetro principal de interés es el efecto promedio del tratamiento (ATT) para el grupo de unidades que fueron tratadas por primera vez en el período g en el momento t .

$$ATT(g, t) = E [Y_t(g) - Y_t(0) | G_g = 1] \text{ para } t \geq g$$

Teniendo en cuenta las unidades todavía no han sido tratadas como el grupo de comparación ($C=1$), y si no hay variables que desempeñen un papel significativo en la identificación (esto es, que los supuestos de identificación se cumplen de manera incondicional), es posible recuperar los efectos causales promedio sobre las unidades tratadas:

$$ATT^{unc}(g, t) = E[Y_t - Y_{g-1} | G_g = 1] - E[Y_t - Y_{g-1} | C = 1]$$

Por lo tanto, la estimación se basa en el principio de analogía, el cual supone que, si dos grupos son equivalentes en todo excepto en la exposición al tratamiento, las diferencias en los resultados entre ellos pueden atribuirse causalmente al tratamiento. Para que estas inferencias sean válidas es necesario realizar un gran número de comparaciones de medias, tanto entre diferentes grupos como en distintos momentos temporales.

Dado que los efectos causales promedio (ATT) se obtienen utilizando subconjuntos de datos, estos efectos deben agregarse en configuraciones dinámicas que involucren múltiples cohortes. Para ello, es posible calcular promedios ponderados de los ATT $\sum_{g-2}^T \sum_{t-2}^T 1 \{g \geq t\} w_{gt} ATT(g, t)$, lo que requiere seleccionar ponderaciones adecuadas que permitan interpretar correctamente los efectos agregados. Concretamente, Callaway y Sant'Anna (2021), proponen tres métodos de agregación ($w(g, t)$), permitiendo a los investigadores destacar distintos tipos de heterogeneidad del ATT. El primer esquema de agrupación corresponde a un análisis dinámico que estima los efectos para cada período en relación con el momento en que se produjo el tratamiento. Esto permite definir una ventana temporal y calcular los efectos antes y después del tratamiento durante el intervalo correspondiente, informando acerca del comportamiento de las unidades antes del tratamiento y, por tanto, del cumplimiento del supuesto de tendencias paralelas. En segundo lugar, el efecto medio de grupo se obtiene como el promedio del efecto en las unidades tratadas en un momento determinado, lo que permite examinar los efectos medios de los eventos como diferentes 'cohortes' en cada año. En último lugar, encontramos el efecto medio por calendario, que puede considerarse como el inverso de la segunda agregación, ya que calcula el ATT en cada período, basado en todos los eventos previos (Gayán-Navarro y Sanso-Navarro, 2024).

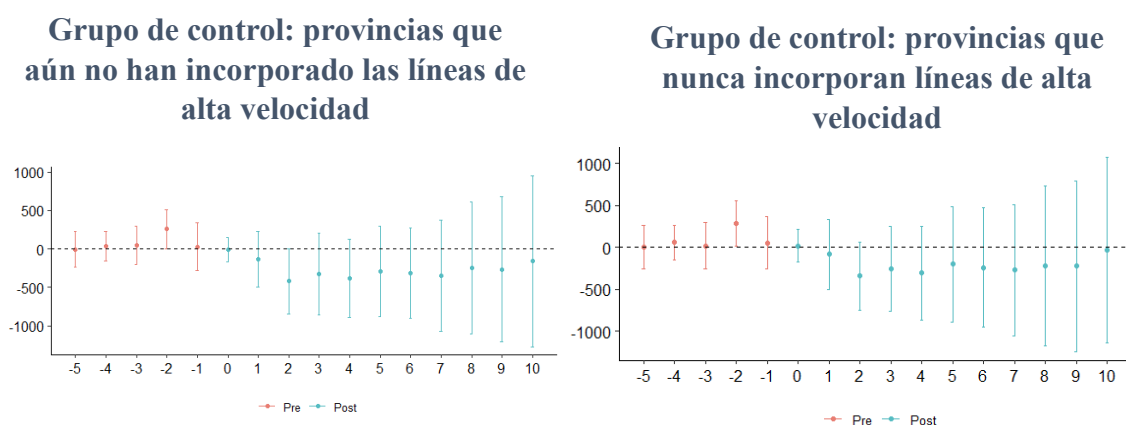
En nuestra aplicación empírica, nos enfocamos en analizar el efecto promedio de ser tratado (medido a través del PIB per cápita, la creación de nuevas empresas, tanto en términos absolutos como por cada mil habitantes, el nivel de empleo y la evolución de la población) sobre el conjunto de unidades geográficas (provincias españolas) que han estado expuestas al tratamiento (la inauguración de una línea de AVE) durante un periodo prolongado de tiempo (desde 1989 hasta 2022). Con este fin, empleamos los datos de las variables de interés, definidas en el *epígrafe* 3.2, como variables dependientes. A continuación, a través de un enfoque incondicional, que implica la realización de comparaciones entre provincias afectadas y no afectadas o entre provincias afectadas y todavía no afectadas, donde se aplican dos de los tres métodos de agregación descritos, concretamente el análisis dinámico y por grupos, debido a su valor añadido para este trabajo.

5. RESULTADOS

Se comienza este epígrafe describiendo el esquema metodológico empleado para analizar los efectos económicos a nivel provincial de la incorporación de servicios ferroviarios de alta velocidad sobre las variables de interés mencionadas en el epígrafe 3. En primer lugar, se verifica si las variables cumplen con la hipótesis de tendencias paralelas incondicionales a través de un esquema de agrupación dinámico. Esta hipótesis establece que, en ausencia del tratamiento - en este caso, la inauguración de las líneas de alta velocidad - la evolución temporal de la variable dependiente habría sido similar tanto para el grupo tratado (provincias con líneas de alta velocidad) como para el grupo de control. La suposición de incondicionalidad implica que las diferencias observadas entre los grupos antes de la intervención se deben al azar o a factores constantes, y no a otras características que pudieran influir en las tendencias de la variable analizada. Si esta condición se cumple, se analizan los resultados obtenidos mediante la estimación. Para la elaboración de este estudio, se ha empleado el segundo tipo de agrupación propuesto por los autores del modelo econométrico, de modo que los ATT se han desagregado por cohortes. Esto es, las estimaciones se agrupan en función del año de inauguración de cada línea de alta velocidad

La Figura 3 **Efectos dinámicos de las LAV en el PIB per cápita** presenta los efectos de las LAV sobre el PIB per cápita calculados dentro de un esquema dinámico (o de estudio de eventos). Ambos gráficos fundamentan la identificación en la hipótesis de tendencias paralelas incondicionales, es decir, sin tener en cuenta posibles variables que puedan afectar a aquella objeto de estudio. No obstante, cada figura emplea un grupo de control distinto. El gráfico de la izquierda compara el grupo tratado con aquellas provincias que todavía no han inaugurado una LAV, mientras que el gráfico de la derecha utiliza como grupo de control a las provincias que no tendrán una línea de alta velocidad durante todo el período de estudio. Se observa que, antes de la inauguración de las LAV, las diferencias en el ingreso per cápita entre provincias eran insignificantes, como lo evidencian los puntos cercanos a cero y los amplios intervalos de confianza que incluyen dicho valor. Esto sugiere que, de no haber ocurrido la introducción de la alta velocidad, las provincias habrían mantenido tendencias similares en la evolución de la renta per cápita. Por lo tanto, es razonable inferir que cualquier cambio observado posterior a la intervención puede atribuirse a la introducción de esta tecnología, en lugar de a diferencias preexistentes entre las provincias. No obstante, es importante señalar que esta suposición es más robusta en el gráfico izquierdo, lo que indica que las provincias que nunca fueron tratadas presentaban una trayectoria ligeramente diferente antes de la intervención en comparación con aquellas que sí lo fueron. Esta discrepancia podría deberse a que aquellas provincias que nunca fueron tratadas pueden haber experimentado un conjunto diferente de políticas y desarrollos económicos, lo que podría haber influido en sus trayectorias económicas. Por ejemplo, han podido ser menos priorizadas en términos de inversión en infraestructura, lo que afectaría su capacidad de transporte, empeorando su nivel de eficiencia con respecto a aquellas provincias que sí reciben. Aunque estas diferencias no son lo suficientemente significativas como para desestimar completamente los resultados del análisis, en el resto del estudio se considerarán únicamente las estimaciones en las que el grupo de control esté constituido por las provincias que todavía no han inaugurado una LAV.

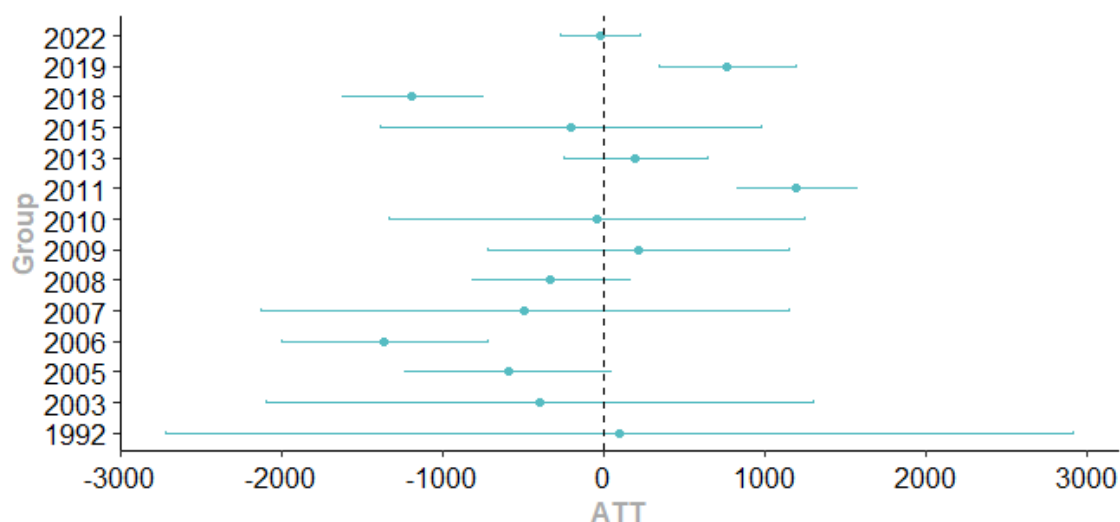
Figura 3 Efectos dinámicos de las LAV en el PIB per cápita provincial



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la unificación de los ATT por grupos, la Figura 4 presenta los efectos del AVE en la renta per cápita por cada año de inauguración de una LAV. Los valores positivos, que se encuentran a la derecha del eje, indican un aumento en el PIB per cápita, mientras que los valores negativos, a la izquierda, suponen una disminución. Los resultados sugieren que la inauguración de las líneas de alta velocidad no tiene un efecto homogéneo en el PIB per cápita a nivel provincial. Mientras que algunas provincias parecen haber obtenido un beneficio económico con la apertura de estas líneas ferroviarias, como es el caso de Orense y Granada en 2011 y 2019, respectivamente; en otras, como Málaga y Tarragona, cuyas inauguraciones tienen lugar en 2006 y Castellón en 2018, presentan efectos significativamente negativos, es decir, la renta per cápita de los habitantes de estas provincias se ha visto disminuida tras la inauguración del AVE. Cabe destacar el impacto positivo de la primera línea de AVE - que conectaba las provincias de Madrid, Ciudad Real, Córdoba y Sevilla - aunque dicho efecto no es estadísticamente significativo.

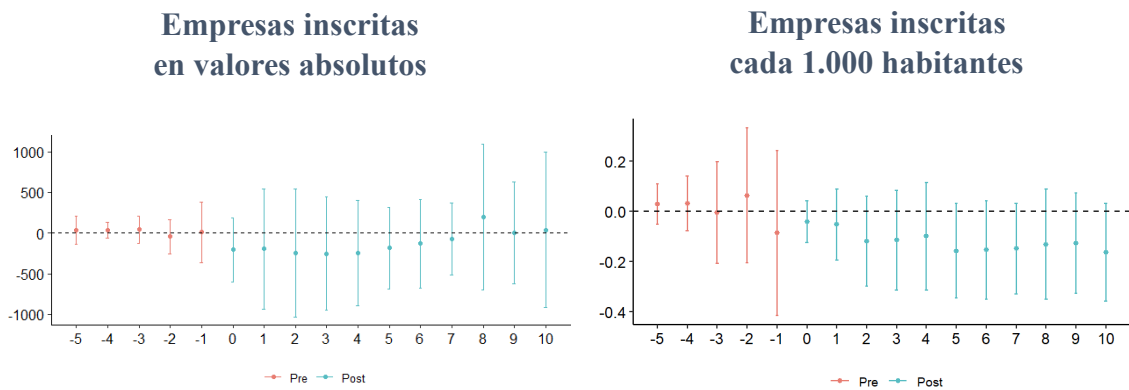
Figura 4 Efectos promedios por año de inauguración de las LAV en el PIB per cápita provincial



Fuente: Elaboración propia

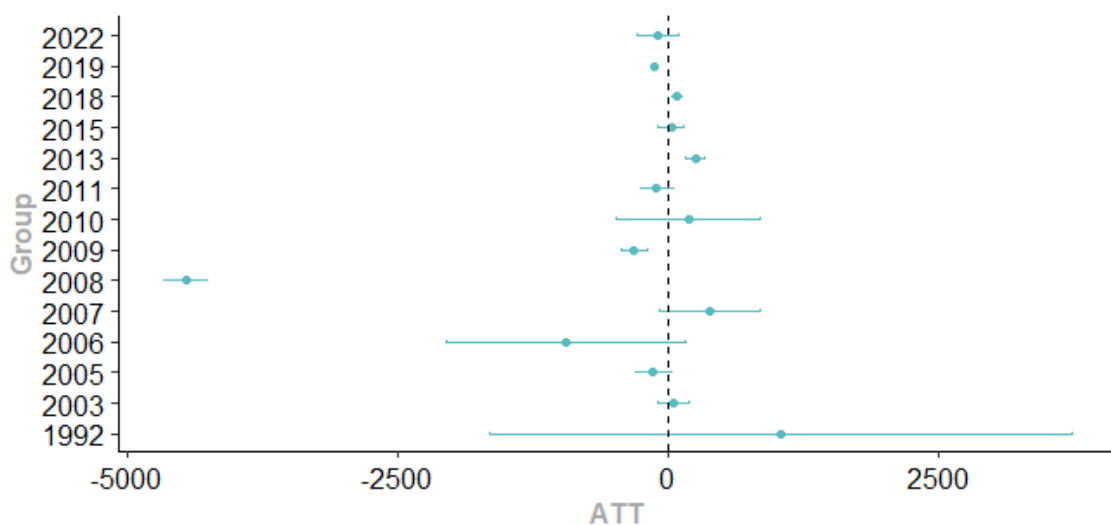
Siguiendo el esquema metodológico previamente presentado, este trabajo se centra en analizar los posibles impactos del AVE en la creación de sociedades mercantiles. Para ello, se utilizan datos extraídos del INE a nivel provincial, lo que permite evaluar el efecto absoluto en el emprendimiento. Sin embargo, este enfoque podría ofrecer una perspectiva distorsionada, ya que las regiones con mayor población podrían estar generando un número superior de empresas simplemente debido a su mayor base demográfica. Con el objetivo de mitigar este posible sesgo demográfico, se incorpora al análisis una variable dependiente que mide el número de empresas creadas por cada 1.000 habitantes. A continuación, se comparan los ATT de la estimación incondicional dinámica para estas dos variables. Ambas estimaciones están cercanas a cero, lo que indica que no había una tendencia clara de divergencia o convergencia en la inscripción de nuevas empresas entre los grupos tratados y los todavía no tratados antes de la introducción del AVE. Esto es un buen indicio de que el supuesto de tendencias paralelas se cumple, ya que no hay evidencias de diferencias significativas en los grupos antes del tratamiento.

Figura 5 Efectos dinámicos de las LAV en la creación de sociedades mercantiles a nivel provincial



Fuente: Elaboración propia

Figura 6 Efectos promedios por año de inauguración las LAV en el total de empresas creadas a nivel provincial

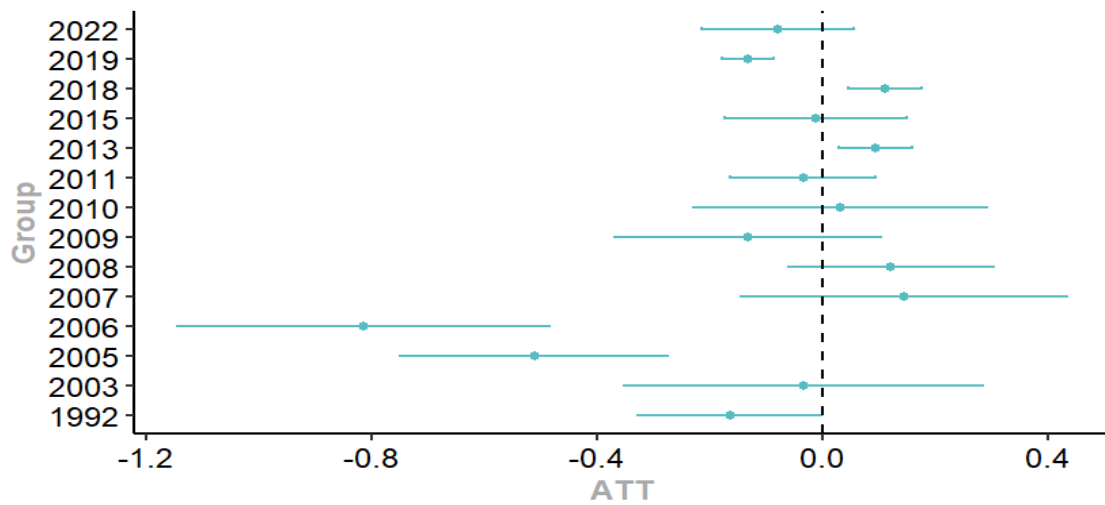


Fuente: Elaboración propia

En la Figura 6, se observa que la mayoría de los puntos están muy cerca de cero, lo que sugiere que, en términos globales, la construcción de LAV no parece haber tenido un impacto claro en la creación de sociedades a nivel provincial. No obstante, habría que interpretar con cautela los resultados observados en 1992 y 2008, donde la variable de interés ha sufrido shocks externos a la construcción de líneas ferroviarias. Por un lado, la creación de empresas en las provincias que reciben la primera línea de AVE en 1992 parece haber aumentado, aunque el efecto promedio no es estadísticamente significativo, las bandas de error de la estimación son bastante amplias. Esto podría estar relacionado con el impulso económico que supuso la Exposición Universal de 1992, celebrada en Sevilla. Lo contrario sucede en Tarragona y Barcelona en 2008, donde la implementación del AVE no estimuló la creación de nuevas empresas o, incluso, pudo haber desincentivado la actividad empresarial. Posteriormente, con la recuperación económica, los resultados se vuelven más precisos (reflejados en la reducción de las bandas de error), aunque no se observa un impacto provincial claro, ya que los estimadores se sitúan muy próximos a cero. Las provincias más favorecidas parecen ser Madrid y Alicante, conectadas por la alta velocidad en 2013, seguidas por Castellón (2018). La apertura de la línea en Granada (2019) parece haber tenido un leve efecto negativo en la inscripción de nuevas sociedades.

No obstante, al considerar las empresas inscritas por cada 1.000 habitantes, las conclusiones cambian de manera notable. Esto puede ser un reflejo de que las características demográficas de las provincias estaban diluyendo el impacto observado en la actividad emprendedora. Los resultados muestran una estimación más precisa y revelan efectos más negativos durante las primeras fases del proyecto AVE donde las provincias afectadas son: Madrid, Ciudad Real, Córdoba, Sevilla (1992); Guadalajara, Huesca, Lérida y Zaragoza (2003); Toledo (2005); Málaga y Tarragona (2006). Aunque el AVE podría haber facilitado el acceso a mercados más amplios para las provincias conectadas, favoreciendo en teoría la aparición de nuevas empresas, las provincias que recibieron esta infraestructura durante la primera etapa de construcción pueden haber enfrentado un incremento en la competitividad local que contrarrestó dichos beneficios. Este tipo de impacto ha sido ampliamente documentado en la literatura, donde se ha señalado que el desarrollo de una red de alta velocidad puede alterar la distribución territorial de las actividades económicas de diversas maneras. En particular, se ha observado que algunos sectores, como el de servicios, tienden a reforzar la concentración de la creación de empresas en las grandes ciudades, mientras que en el sector manufacturero no se identifica un patrón tan claro (Matas et al., 2020; Bazin-Benoit et al., 2016). Este efecto centralizador, en combinación con la heterogeneidad de las provincias involucradas en la primera fase de la construcción del AVE - como Madrid, Sevilla y Zaragoza, las cuales tienen una mayor capacidad para atraer recursos y talento - pudo haber resultado en un balance negativo en términos generales en creación de empresas en las provincias. Por último, en los años 2013 y 2018, con la llegada de la alta velocidad a Alicante y Castellón, ambas pertenecientes a la misma comunidad autónoma, se observa un aumento en la creación de empresas. Estas provincias cuentan con un tejido empresarial fuertemente orientado al sector turístico, por lo que la integración de un eje previamente aislado en términos de alta velocidad, junto con el dinamismo del sector servicios, podrían explicar los efectos positivos observados en estos años.

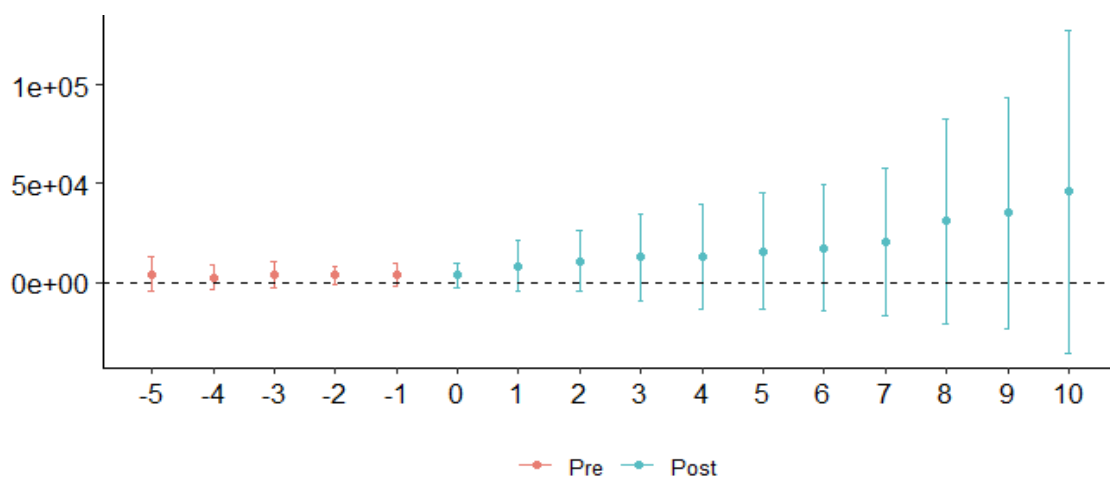
Figura 7 Efectos promedios por año de inauguración las LAV en la creación de empresas cada 1.000 habitantes a nivel provincial



Fuente: Elaboración propia

Atendiendo ahora al impacto del AVE en términos poblacionales, concluimos que las tendencias en el período anterior a la LAV son planas y no muestran variaciones significativas. Por tanto, puede argumentarse que se cumple el supuesto de tendencias paralelas incondicionales. A partir de la inauguración del AVE los efectos comienzan a ser positivos y, a medida que pasa el tiempo, estos efectos crecen considerablemente. Esto sugiere que la inauguración de las líneas está asociada con un aumento de la población en las provincias tratadas, siendo importante destacar que este es el único caso donde se ha encontrado un efecto dinámico positivo desde el análisis dinámico incondicional. La progresividad en el aumento parece indicar que el impacto no es inmediato, sino que es acumulativo.

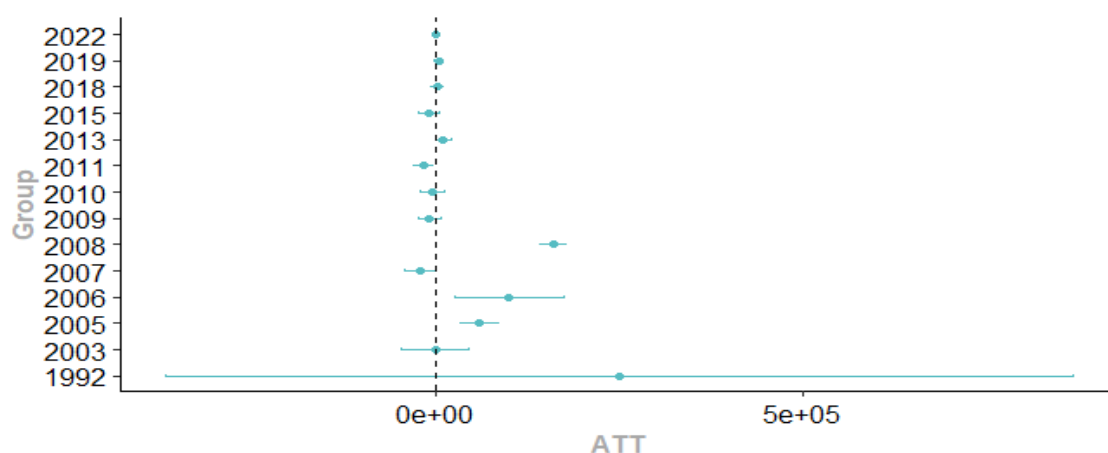
Figura 8 Efectos dinámicos de las LAV en la población a nivel provincial



Fuente: Elaboración propia

Este gráfico es un excelente punto de partida para discutir cómo las infraestructuras de alta velocidad afectan dinámicamente a la población, aunque con el fin de completar el análisis observamos los efectos cuando estimamos por grupos, de forma que podremos ver qué tramos de líneas han afectado más a ese posible crecimiento poblacional o si ha sido un comportamiento generalizado. En general, la Figura 9 muestra que no todas las inauguraciones de líneas AVE tienen el mismo impacto en la población, siendo especialmente significativas las inauguraciones de 2005, 2006 y 2008, que muestran un efecto claramente positivo. Por tanto, las provincias que se han beneficiado en mayor medida en términos poblacionales con la llegada de esta tecnología son Toledo, Tarragona, Málaga y Barcelona.

Figura 9 Efectos promedios por año de inauguración las LAV en la población a nivel provincial



Fuente: Elaboración propia

Estos resultados se encuentran en línea con las conclusiones alcanzadas por Miralles i García (2018) en su investigación del impacto del AVE en el crecimiento poblacional a nivel de áreas metropolitanas, donde concluye que todas las ciudades tienen su propia dinámica económica, normalmente independiente de los servicios ferroviarios de alta velocidad, de ahí que los impactos territoriales no sean homogéneos. Para realizar su análisis, el autor considera la evolución del índice de Gini y observa una dinámica positiva en las regiones de Madrid, Málaga, Guadalajara, Toledo, Ciudad Real y Gerona

Finalmente, los resultados obtenidos para la creación de empleo por sectores económicos, clasificados según la nomenclatura NACE en seis categorías, se presentan en la *¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida.*, que muestra la ausencia de fluctuaciones significativas y patrones divergentes en las tendencias de empleo previas al tratamiento. Este hallazgo sugiere que las diferencias potenciales entre las provincias que recibieron una LAV y aquellas que no eran mínimas antes de la intervención, permitiendo así considerar que se cumple el supuesto de tendencias paralelas. En consecuencia, las estimaciones realizadas pueden considerarse válidas. Al examinar la tendencia en el empleo de los sectores relacionados con el comercio, el transporte y las comunicaciones (sector G-J), los servicios financieros, administrativos y profesionales (sector K-N), y los servicios proporcionados por las Administraciones Públicas (sector O-U), se puede inferir que la alta velocidad ha inducido una tendencia gradual y creciente en la creación de

empleo. Esta tendencia se ha acentuado de manera significativa en los últimos años, lo que sugiere que, al igual que las dinámicas observadas a nivel poblacional, los efectos de la alta velocidad tienden a manifestarse a medio y largo plazo.

Tabla 2 Efectos dinámicos de las LAV en el empleo provincial por sectores NACE

	NACE A	NACE B-E	NACE F	NACE G-J	NACE K-N	NACE O-U
	<i>Agricultura</i>	<i>Industria</i>	<i>Construcción</i>	<i>Transporte</i>	<i>Servicios</i>	<i>AA. PP</i>
-5	6,21 (45,37)	-99,53 (72,15)	57,26 (97,91)	-10,79 (99,96)	65,63 (84,15)	125,22 (184,80)
-4	-9,71 (27,36)	-87,05 (64,94)	-9,08 (107,54)	83,55 (138,80)	90,05 (103,15)	78,97 (91,21)
-3	-37,17 (91,68)	-10,29 (69,88)	22,54 (87,13)	223,46 (172,57)	160,84 (137,68)	89,99 (154,92)
-2	-22,94 (31,82)	-53,84 (99,84)	146,23 (124,29)	69,80 (106,24)	166,04 (142,38)	278,15 (153,19)
-1	-18,23 (28,67)	-122,10 (124,81)	-4,98 (173,23)	72,74 (186,33)	74,68 (100,17)	215,66 (145,27)
0	-33,24 (36,10)	-134,87 (68,11)	-206,83 (110,92)	-40,90 (76,30)	48,08 (92,61)	58,48 (114,37)
1	-43,35 (49,71)	-393,93 (332,49)	-496,08 (321,89)	-241,79 (347,38)	-95,33 (85,77)	80,04 (157,57)
2	-81,07 (43,39)	-540,23 (432,65)	-687,74 (435,41)	-311,07 (367,33)	-45,75 (109,61)	84,85 (134,22)
3	-74,54 (49,77)	-639,39 (543,36)	-840,14 (557,13)	-491,71 (449,74)	-8,04 (159,02)	215,62 (173,68)
4	-137,21 (85,14)	-770,15 (669,88)	-1062,60 (747,34)	-718,44 (605,29)	-39,30 (256,64)	139,45 (185,39)
5	-141,09 (97,31)	-795,69 (815,91)	-1069,00 (811,21)	-448,37 (703,93)	41,36 (337,01)	184,35 (205,79)
6	-146,66 (99,16)	-713,91 (849,33)	-1090,61 (842,44)	-194,99 (711,83)	208,61 (493,51)	302,96 (328,24)
7	-177,26 (126,70)	-920,15 (959,89)	-1247,30 (942,50)	90,71 (1303,72)	533,48 (751,97)	486,28 (537,14)
8	-76,07 (164,70)	-765,72 (883,62)	-1067,61 (953,46)	362,92 (1406,50)	779,38 (980,14)	801,45 (700,49)
9	-85,33 (132,56)	-744,00 (786,16)	-1024,07 (913,57)	606,47 (1744,81)	1120,33 (1311,83)	1012,27 (967,40)
10	-88,76 (130,36)	-820,36 (686,78)	-929,61 (883,76)	842,98 (2023,20)	1425,98 (1547,61)	1197,06 (986,97)

Fuente: Elaboración propia

El impacto del AVE en el empleo varía considerablemente entre sectores y años. Los sectores más beneficiados parecen ser aquellos relacionados con actividades financieras, inmobiliarias, científicas y técnicas (K-N), pero también los servicios suministrados por la Administración Pública (O-U) ya que muestran repuntes significativos en momentos clave. Sin embargo, sectores como la industria (B-E) y la construcción (F) sufrieron impactos negativos considerables durante la crisis económica global. Estos resultados estarían en línea con la investigación realizada por Zhang y Xu (2022) donde se concluye que, aunque existen tendencias nacionales en el aumento de la fuerza laboral en el sector servicios y en la disminución de la fuerza laboral en los sectores manufacturero y agrícola, estas tendencias se vuelven más significativas en las provincias de España con servicios de alta velocidad ferroviaria, pero solo después de que comiencen a operar.

Tabla 3 Efectos promedios por año de inauguración de las LAV en el empleo provincial por sectores NACE

AÑO	NACE A <i>Agricultura</i>	NACE B-E <i>Industria</i>	NACE F <i>Construcción</i>	NACE G-J <i>Transporte</i>	NACE K-N <i>Servicios</i>	NACE O-U <i>AA. PP</i>
1992	178,30 (292,71)	-1317,42 (2288,01)	643,21 (907,05)	8230,05 (9847,43)	8366,69 (8291,27)	-5913,65 (7444,86)
2003	-7,22 (92,36)	-116,58 (304,47)	-342,65 (234,61)	-641,16 (370,71)	-279,45 (347,72)	-272,51 (361,26)
2005	-341,73 (*) (101,96)	-399,44 (*) (131,68)	-287,54 (223,61)	-487,27 (352,26)	-178,03 (107,89)	-195,57 (160,18)
2006	-162,58(*) (69,49)	-249,52 (128,04)	-2693,31 (*) (975,74)	514,35 (836,50)	802,73 (*) (743,96)	1188,64(*) (234,07)
2007	-146,86 (139,11)	212,67 (174,75)	55,52 (494,03)	-588,17 (335,28)	-164,74 (194,78)	-424,99 (334,99)
2008	-434,76(*) (54,08)	-11313,50(*) (127,67)	-12075,95(*) (332,59)	-6050,16(*) (328,18)	2501,55 (*) (118,91)	5135,86 (*) (197,32)
2009	-307,49(*) (64,38)	-1249,62(*) (144,05)	-1330,56(*) (334,59)	-596,24 (368,51)	-268,15 (144,41)	-145,00 (311,07)
2010	-208,97 (110,45)	-339,38 (397,73)	-805,24 (1024,29)	-85,41 (297,61)	-234,25 (136,27)	177,88 (315,05)
2011	-104,13(*) (41,01)	41,78 (59,48)	247,77(*) (98,72)	-307,13 (158,57)	-202,69 (101,89)	-464,80(*) (154,69)
2013	-37,47 (43,01)	320,97(*) (32,55)	655,87(*) (47,23)	1554,57(*) (130,79)	866,61(*) (82,24)	540,03(*) (117,22)
2015	-69,74 (65,27)	-19,93 (99,51)	187,96 (167,90)	-291,3775(*) (103,99)	-178,03 (112,14)	-56,82 (346,13)
2018	32,32 (46,39)	37,16 (43,29)	321,49 (182,20)	141,26 (114,56)	100,55 (57,63)	68,72 (34,36)
2019	91,57 (43,84)	-49,51 (28,40)	109,80 (106,86)	96,92 (80,68)	217,15(*) (37,08)	-93,33(*) (37,58)

(*) Indican que el valor estimado es significativamente diferente de cero (basado en el intervalo de confianza). Datos resumidos de las salidas de RStudio.

6. CONCLUSIONES

En el presente trabajo, se ha llevado a cabo un análisis empírico del impacto económico de la alta velocidad ferroviaria en las provincias españolas, con el objetivo de esclarecer el extenso debate que se mantiene tanto en la literatura académica como en el ámbito social y político respecto a la idoneidad de la inversión en este tipo de infraestructuras. Para alcanzar este objetivo, se ha adoptado un enfoque econométrico fundamentado en el modelo de diferencias en diferencias con múltiples periodos tratamiento y heterogeneidad en los efectos, siguiendo la metodología propuesta por Callaway y Sant'Anna (2021). Las variables analizadas han sido el PIB per cápita, el número de sociedades constituidas en términos absolutos y por cada mil habitantes, la población y el empleo desglosado por sectores NACE. Para todas ellas parece cumplirse el supuesto de tendencias paralelas previas al tratamiento, lo que es esencial para la validez del enfoque adoptado. Concretamente, garantiza que, en ausencia de la intervención estudiada (inauguración de líneas de alta velocidad) las tendencias en la evolución de los indicadores económicos de las provincias tratadas y las que todavía no lo han sido (o no lo serán nunca) seguían tendencias previas similares. La confirmación de este supuesto fortalece la capacidad del análisis para, a priori, atribuir cualquier variación observada en los indicadores estudiados a la intervención objeto de estudio.

En este contexto, al examinar los resultados obtenidos mediante la agrupación de los efectos promedio por años de inauguración de las líneas de alta velocidad, se obtiene que la introducción de esta tecnología en España no ha tenido un impacto homogéneo en el

PIB per cápita a nivel provincial. Mientras que territorios como Orense y Granada experimentaron un incremento en su PIB per cápita tras la apertura de las líneas en 2011 y 2019, respectivamente, otras como Málaga y Tarragona (con inauguraciones en 2006) y Castellón (2018) muestran efectos negativos significativos. Este patrón también se observa al analizar el impacto de las inauguraciones en la creación de sociedades mercantiles, aunque resulta fundamental considerar esta variable en términos relativos con respecto a la población. Al proceder de este modo, se obtienen resultados más significativos, sugiriendo que las características demográficas de las provincias podrían haber atenuado el impacto observado en la actividad emprendedora. En relación con el efecto sobre esta variable, la evidencia obtenida indica que, durante las primeras fases del desarrollo del AVE (1992-2006), provincias como Madrid, Ciudad Real, Córdoba, Sevilla, Guadalajara, Huesca, Lérida, Zaragoza, Toledo, Málaga y Tarragona experimentaron una reducción en su actividad emprendedora. En contraste, hacia el final de la fase de construcción, se observa un incremento en la creación de empresas en Alicante y Castellón, ambas situadas en la misma comunidad autónoma.

Por otro lado, el análisis realizado indica que la inauguración de las líneas de alta velocidad se asocia con un impacto positivo y acumulativo en la población de las provincias afectadas. Sin embargo, este hallazgo se ha derivado de un análisis dinámico incondicional. Al considerar los efectos promedio anuales de las inauguraciones, las conclusiones no resultan homogéneas, ya que se observan impactos tanto positivos como negativos, dependiendo del tramo específico. Un fenómeno similar se observa al examinar los efectos dinámicos en el empleo por sectores, donde aquellos relacionados con el comercio, el transporte y las comunicaciones (sector G-J), los servicios financieros, administrativos y profesionales (sector K-N), y los servicios proporcionados por las Administraciones Públicas (sector O-U), presentan una tendencia gradual y creciente en la creación de empleo.

Estos hallazgos van en la línea de la mayoría de los estudios empíricos, ya que no se ha encontrado evidencia concluyente sobre los efectos indirectos que ejerce la inversión en infraestructuras de alta velocidad. Esta situación tiene importantes implicaciones para la formulación de políticas, al sugerir que la creación de nuevas líneas de alta velocidad no tiene por qué ser necesariamente un motor clave para el desarrollo territorial a largo plazo. Sin embargo, la mayoría de estas investigaciones han empleado el modelo básico de diferencias en diferencias, el cual, como hemos observado, puede presentar problemas de robustez cuando el tratamiento se aplica a las unidades en diferentes momentos temporales. En conclusión, el presente trabajo contribuye a la comprensión del impacto de las infraestructuras de alta velocidad en el desarrollo territorial mediante la aplicación de una técnica econométrica más avanzada.

Pese a lo anterior, es necesario comentar algunas de las limitaciones del estudio llevado a cabo, de cara a motivar mejoras a introducir en investigaciones futuras. La más evidente radica en el tamaño de los intervalos de confianza que presentan las estimaciones, ya que muchos de ellos son demasiado amplios, reflejando una elevada incertidumbre de los efectos medios del tratamiento por grupos. Esto podría corregirse mediante la implementación de una formulación condicionada, lo que implicaría incorporar variables de control, como características demográficas, económicas y geográficas. El objetivo sería ajustar las estimaciones de manera más precisa y controlar otros factores que puedan

estar influyendo en los resultados. Además, podría extenderse la línea de investigación y, considerando el debate político actual, analizarse la rentabilidad económica de cada tramo de alta velocidad. Por tanto, existen diversas posibilidades para ampliar un análisis socioeconómico como el llevado a cabo en este trabajo, todas ellas de interés para profundizar en el conocimiento de la eficiencia y eficacia de las inversiones en líneas de alta velocidad ferroviaria.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Abadie, A., y Cattaneo, M. (2018). Econometric Methods for Program Evaluation. *Annual Review of Economics*, vol. 10 (1), 465-503. Obtenido de <https://EconPapers.repec.org/RePEc:anr:reveco:v:10:y:2018:p:465-503>
- ADIF. (21 de abril de 2022). *ADIF Alta Velocidad*. Obtenido de <https://www.adifaltavelocidad.es/30-a%C3%B1os-de-alta-velocidad>
- Agencia Europea de Medio Ambiente. (26 de marzo de 2021). *European Environment Agency*. Obtenido de <https://www.eea.europa.eu/es/highlights/transporte-motorizado-tren-avion-transporte>
- Ahlfeldt, G., y Feddersen, A. (2015). From Periphery to Core: Measuring Agglomeration Effects Using High-Speed Rail. *Centre for Economic Performance - SERC Discussion Paper No 172*.
- Albalate, D., y Bel, G. (2015). *La Experiencia Internacional en Alta Velocidad Ferroviaria*. Madrid: FEDEA.
- Albalate, D., y Fageda, X. (2016). High Speed Rail and Tourism: Empirical Evidence from Spain. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 85 (C) , 174-185.
- Álvarez-Palau, E. J. (2016). Ferrocarril y Sistema de Ciudades. Integración e Impacto de las Redes Ferroviarias en el Contexto Urbano Europeo. *Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, vol. 21 (1.169), 1-38. Obtenido de doi:<https://doi.org/10.1344/b3w.0.2016.26358>
- Bazin, S., Beckerich, C., y Delaplace, M. (2013). Valorisation Touristique du Patrimoine et Dessertes TGV Dans les Villes Intermédiaires à Moins d'1h 30 de Paris: Les Cas de Reims, Metz, le Mans et Tours. *Documento de Trabajo Université de Reims y Université de Paris-Est*.
- Bazin-Benoit, S., Beckerich, C., y Delaplace, M. (2016). High-Speed Rail, Corporate Real Estate and Firm Location in the Central Business District: The Results from Two Surveys (2008; 2014) in Reims. *The Open Transportation Journal*, vol. 10 (1), 7-21. Obtenido de doi: 10.2174/1874447801610010007
- Betancor, O., y Llobet, G. (2015). *Contabilidad Financiera y Social de la Alta Velocidad en España*. Estudios sobre la Economía Española - 2015/08, Madrid: *Fundación de Estudios de Economía Aplicada, FEDEA*. Obtenido de doi:10.13140/RG.2.2.27483.46886

- Blanquart, C., y Koning, M. (2017). The Local Economic Impacts of High-Speed Railways: Theories and Facts. *European Transport Research Review*, vol. 9 (12) 1-14. Obtenido de doi:10.1007/s12544-017-0233-0
- Calderón, C., y Chong, A. (2004). Volume and Quality of Infrastructure and the Distribution of Income: An Empirical Investigation. *The Review of Income and Wealth*, 50(1), 87-106. Obtenido de doi:<https://doi.org/10.1111/j.0034-6586.2004.00113.x>
- Callaway, B., y Sant'Anna, P. (2021). Difference-in-Differences With Multiple Time Periods. *Journal of Econometrics*, vol. 225 (2), 200-230. Obtenido de doi:10.1016/j.jeconom.2020.12.001
- Capel, H. El Ferrocarril, el Territorio y las Redes de Ciudades. *Biblio 3W Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, Universidad de Barcelona, vol. 12 (717), 15 de abril de 2007. [<http://www.ub.es/geocrit/b3w-717.htm>]. [ISSN 1138-9796].
- Card, D. (1990). The Impact of the Mariel Boatlift on the Miami Labor Market. *Industrial and Labor Relations Review*, vol. 43 (2), 245-257. Obtenido de <https://EconPapers.repec.org/RePEc:nbr:nberwo:3069>
- Card, D., y Krueger, A. (1994). Minimum Wages and Employment: A Case Study of the Fast-Food Industry in New Jersey and Pennsylvania. *The American Economic Review*, vol. 84 (4), 772-793. Obtenido de: <https://EconPapers.repec.org/RePEc:aea:aecrev:v:84:y:1994:i:4:p:772-93>
- Cartwright, M. (2023). El ferrocarril en la Revolución Industrial británica. *World History Encyclopedia*. Obtenido de: <https://www.worldhistory.org/trans/es/2-2167/el-ferrocarril-en-la-revolucion-industrial-britani/>
- Comisión Europea. (2021). *EU transport in figures. Statistical pocketbook*. Publications Office- DG Movilidad y Transportes. Obtenido de <https://data.europa.eu/doi/10.2832/27610>
- Crescenzi, R., Di Cataldo, M., y Rodríguez-Pose, A. (2016). Government Quality And The Economic Returns Of Transport Infrastructure Investment In European Regions. *Journal of Regional Science*, vol.56(4), 553-582. Obtenido de doi:<https://doi.org/10.1111/jors.12264>
- De Rus, G. (2011). *The BCA of HSR: Should the Government Invest in High Speed Rail Infrastructure?* Madrid: *Fundación de Estudios de Economía Aplicada, FEDEA*.
- De Rus, G., Barrón, I., Campos, J., Gagnepain, P., Nash, C., Ulid, A., y Vickerman, R. (2012). Economic Analysis of High Speed Rail in Europe. *Fundación BBVA*.
- Dong, X. (2018). High-Speed Railway and Urban Sectoral Employment in China. *Transportation Research Part A: Policy and Practice, Elsevier*, vol. 116 (C), 603-621.

- Ernst y Young Global Limited (EY) (2023). *Smart and Affordable Rail Services in the EU: A Socioeconomic and Environmental Study for High-Speed in 2030 and 2050*. EY Report.
- Españoles, F. d. (2010). *Vía Libre, La Revista del Ferrocarril desde 1964*. Obtenido de <https://vialibre-ffe.com/noticias.asp?not=5805>
- European Rail Companies y Deutsche Bahn. (2023). *Metropolitan Network: A Strong European railway for an ever Closer Union*. Alemania: Deutsche Bahn. Obtenido de <https://www.cer.be/cer-reports/metropolitan-network-a-strong-european-railway-for-an-ever-closer-union>
- Fageda, X., y Olivieri, C. (2019). Transport Infrastructure and Regional Convergence: A Spatial Panel Data Approach. *Papers in Regional Science*, vol. 98 (4), 1609-1631. Obtenido de doi: <https://doi.org/10.1111/pirs.12433>
- Fremdling, R. (1981). Los Ferrocarriles y la Industrialización en la Alemania del Siglo XIX. En *los Ferrocarriles y el Desarrollo Económico de Europa Occidental durante el Siglo XIX*, 55-80. Madrid: Gabinete de Información y Relaciones Externas de RENFE.
- Fremdling, R. (2003). European Railways 1825-2001, An Overview. *Economic History Yearbook* vol. 44, 209-221. Obtenido de doi: <https://doi.org/10.1524/jbwg.2003.44.1.209>
- Gayán-Navarro, C., y Sanso-Navarro, M. (2024). *Mass Shootings, Employment, and Housing Prices: Evidence from Different Geographic Entities*. Zaragoza: SSRN Working Paper No. 4636216. Obtenido de doi: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4636216>
- Goodman-Bacon, A. (2021). Difference-in-Differences with Variation in Treatment Timing. *Journal of Econometrics*, vol.225 (2), 254-277. Obtenido de doi: [10.1016/j.jeconom.2021.03.014](https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2021.03.014)
- Gutiérrez Puebla, J. (2005). El Tren de Alta Velocidad y sus Efectos Espaciales. *Investigaciones Regionales* 5, 199-221.
- Inglada-López de Sabando, V., y Coto Millán, P. (2004). Introduction of an Innovative Product: the High Speed Train (AVE). In: *Coto-Millán, P. (eds) Essays on Microeconomics and Industrial Organisation. Contributions to Economics. Physica, Heidelberg*. https://doi.org/10.1007/978-3-7908-2670-8_4
- International Union of Railways. (julio de 2015). *International Union of Railways*. Obtenido de <https://uic.org/passenger/highspeed/article/high-speed-rail-history#t1964-The-birth-of-Shinkansen>
- Lérida Navarro, C., Nombela, G., y Tránchez Martín, J. (2022). El Ferrocarril de Alta Velocidad en España y Otros Países Europeos: Un Análisis Comparativo. *Papeles de Economía Española*, vol. 171, 15-34

- Manchester, M. d. (diciembre de 2018). *Science and Industry Museum of Manchester*. Obtenido de <https://www.scienceandindustrymuseum.org.uk/objects-and-stories/making-the-liverpool-and-manchester-railway>
- Martín, J., Gutiérrez, J., y Román, C. (2004). Data Envelopment Analysis (DEA) Index to Measure the Accessibility Impacts of New Infrastructure Investments: The Case of the High-Speed Train Corridor Madrid-Barcelona-French Border. *Regional Studies* 38, 697-712.
- Matas, A., Raymond, J.-L., y Roig, J. (2020). Evaluating the Impacts of HSR Stations on the Creation of Firms. *Transport Policy* 99, 396-404. Obtenido de doi:<https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2020.09.010>
- Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible (2021). *Gobierno de España - Recuperado en mayo de 2024*, de <https://www.transportes.gob.es/el-ministerio/campanas-de-publicidad/2021-anio-europeo-del-ferrocarril/conociendo-el-ferrocarril/12-hitos>
- Morillas-Torné, M. (2014). Evolució del ferrocarril a Europa. En: Evolució del ferrocarril a Europa i la seva influencia en els canvis en la distribució de la població. El cas d'Espanya, 1848-2010. Lleida: Universitat de Lleida. Departament de Geografia i Sociologia.
- Oliva Marañón, C., Martínez Peláez, A., Fernández de Alarcón Roca, B., y Jiménez Caballero, J. (2012). La Alta Velocidad Española : Un Viaje en el Tiempo a través del Turismo Cultural, la Tecnología y el Progreso. *Turismo y Sostenibilidad: V Jornadas de Investigación en Turismo*, 79-104.
- Plassard, F. (1992). Les villes et le TGV, *Transports Urbains*, vol. 74, 3-4
- Profillidis, V. (2000). Railway engineering (2ª ed.). *Ashgate Publishing Limited*. ISBN 978-0754612797.
- Quin, Y. (2017). No County Left Behind? The Distributional Impact of High-Speed Rail Upgrades in China. *Journal of Economic Geography*, 17(3), 489-520.
- Roth, J., Sant'Anna, P., Bilinski, A., y Poe, J. (2023). What's Trending in Difference-in-Differences? A Synthesis of the Recent Econometrics Literature. *Journal of Econometrics*, vol.235(2), 2218-2244. Obtenido de doi: <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2023.03.008>.
- R-project. (2022). *The Comprehensive R Archive Network (CRAN)*. Obtenido de <https://cran.r-project.org/web/packages/did/vignettes/multi-period-did.html>
- Sánchez Blanco, V. (1994). Desarrollo de las Líneas Férreas en Europa. *Cuadernos de Estrategia*, vo.71, 23-30. *Ejemplar dedicado a: Integración de la Red Ferroviaria de la Península Ibérica en el Resto de la Red Europea*
- Sanso-Navarro, M., y Vera-Cabello, M. (2023). The Impact of Terrorism at the Municipality Level in Colombia: A New Difference-in-Differences Approach. SSRN Working Paper No. 4130613. Obtenido de <https://ssrn.com/abstract=4130613> o <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4130613>

- Snow, J. (1855). *On the Mode of Communication of Cholera*. Londres: John Churchill.
- Tribunal de Cuentas Europeo. (2018). *Red Ferroviaria Europea de Alta Velocidad: No Una Realidad, sino un Sistema Fragmentado e Ineficaz*. Informe Especial 19/2018.
- Yao, S., Yan, X., Kwok Lei, C., y Wang, F. (2022). High-Speed Railway and Tourism Development in China. *Tourism Economics*, vol. 28(6), 1520-1544.
- Zhang, Y., y Xu, D. (2022). *The Effects of High-Speed Rail on Manufacturing and Service Employment: Evidence from Spain*. SSRN Working Paper No. 4135380. Obtenido de doi:<http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4135380>