



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo

Departamento de Economía Aplicada

**La inversión en infraestructuras de
carreteras en Asturias (1995-2015). Efectos
económicos y territoriales**

Programa de Doctorado

“Economía y Sociología de la Globalización”

(Mención de calidad)

María Luisa Alonso González

2017



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo

Departamento de Economía Aplicada

**La inversión en infraestructuras de
carreteras en Asturias (1995-2015). Efectos
económicos y territoriales**

Programa de Doctorado

“Economía y Sociología de la Globalización”

(Mención de calidad)

María Luisa Alonso González

2017



RESUMEN DEL CONTENIDO DE TESIS DOCTORAL

1.- Título de la Tesis	
Español/Otro Idioma: La inversión en infraestructuras de carreteras en Asturias (1995-2015). Efectos económicos y territoriales.	Inglés: Road Investment in Asturias (1995-2015). Economic and territorial effects.
2.- Autor	
Nombre: MARIA LUISA ALONSO GONZALEZ	DNI/Pasaporte/NIE:
Programa de Doctorado: Economía Aplicada y Sociología de la Globalización	
Órgano responsable: ECONOMIA APLICADA	

RESUMEN (en español)

Esta tesis trata de analizar qué ha supuesto la inversión en carreteras durante las dos últimas décadas para el desarrollo de Asturias. Esta región, que a mediados de la segunda década del siglo XX se dibujaba como una de las provincias más dinámicas en la industria española, por su disposición de carbón y acero y la cantidad de mano de obra y logística que implicaba la explotación de dichos recursos, se convirtió en los años ochenta y noventa en una más de las llamadas "viejas regiones industriales", con muchas circunstancias en contra para avanzar. Por una parte el desmantelamiento de sus sectores tradicionales, el carbón y el acero, grandes motores históricos de la economía asturiana, con una consiguiente destrucción paulatina de empleo. Por otra parte su situación periférica, en plena Cornisa Cantábrica, que dificultaba las comunicaciones tanto con el exterior como dentro de la propia región.

Como una de las medidas tomadas para frenar su declive y los problemas que suponía su situación periférica, se llevó a cabo una fuerte inversión en infraestructuras, especialmente infraestructuras de carreteras, en respuesta también a las exigencias de la Unión Europea, que veía la necesidad de dotar Europa de una eficiente red de comunicaciones viarias para alcanzar la deseada cohesión económica entre regiones europeas. Fruto de esa política, Asturias, como otras regiones periféricas españolas, vio incrementada su red de carreteras de una forma importante.

Esta tesis se enmarca en la literatura que estudia la relación entre infraestructuras y desarrollo económico, un tema de larga tradición en el análisis económico y aun hoy objeto de controversias, pues si bien es cierto que las infraestructuras son una condición necesaria para el crecimiento (Hirschman, 1961), ni la evidencia empírica ni la literatura es unánime en el hecho de que invertir en infraestructuras derive en crecimiento, ni siquiera está probada una causalidad directa. Numerosos investigadores (Meijers, 2012, Banister y Berechman, 2001; Holl, 2007) están insistiendo en que es necesario llevar a cabo más estudios de caso que aporten evidencias



de esa relación, y hacerlo desde una óptica local, pues la investigación a esta escala se le ha prestado menos atención (Rietveld y Bruinsma, 1998).

La realidad de Asturias antes comentada ofrece una oportunidad para llevar a cabo un análisis de este tipo, de aportar una evidencia más en esta línea de investigación, y hacer el estudio con un enfoque novedoso como es el uso de los experimentos naturales (Campbell y Stanley 1963, Feser 2014) que en el contexto de esta tesis se utilizan para conocer los efectos de la autovía sobre la accidentabilidad, o el uso de los modelos de radiación para hacer el estudio de la accesibilidad frente a otros modelos tradicionales como son los de gravedad (Bruinsma y Rietveld, 1995, Stelder, 2016).

La tesis arranca con un capítulo introductorio al que sigue un capítulo de contextualización y tres capítulos empíricos según la siguiente estructura: en el capítulo I, se hace una descripción de cómo ha evolucionado la inversión en infraestructuras de transporte, y particularmente la red de carreteras. Se hace este repaso, primero, desde una perspectiva europea, con el fin de observar la situación de España frente a los demás países integrantes de la Unión Europea en lo que a disposición de infraestructuras se refiere, y cuál ha sido la evolución a lo largo de las dos últimas décadas. Seguidamente se examinan los cambios en las regiones españolas. Finalmente se centra en el caso de Asturias, ofreciendo además un breve repaso de las principales características económicas y sociales de la región.

Una vez estudiadas las características y el volumen de inversión en carreteras en Asturias, en el capítulo II se ofrece una estimación del empleo y del valor añadido bruto generado como consecuencia de dicha inversión, así como los efectos sobre la emisión de CO₂. En el caso del empleo se estima la creación de entre un mínimo de 5.164 empleos en 1995 según tablas de SADEI a un máximo de 8.670 que se obtienen en 2005 con las tablas de INE. Extendiendo el análisis al período 1995-2012, utilizando las tablas correspondientes (aplicamos la inversión en los años intermedios a la tabla del año más próximo) se obtiene un total que ronda entre los 5.000 y 8.000 empleos cada año. Más de la mitad de los empleos generados, se habrían creado en el propio sector de la construcción, y los demás se repartieron principalmente entre las ramas de la industria manufacturera, el comercio y las actividades profesionales y en ambos casos son estas las principales ramas de actividad que se benefician, de forma indirecta, de la inversión



en carreteras en Asturias. En términos de VAB, habría generado en torno al 2% del VAB regional. En este caso la repercusión de forma directa sobre el sector de la construcción es mayor que en el caso del empleo, pues supone en torno al 70% del VAB generado lo haga de forma directa en el propio sector de la construcción. En cuanto a las emisiones de CO₂ durante la fase de la construcción, se obtienen valores muy pequeños y principalmente vienen derivados de actividades indirectas como el transporte o el suministro de agua, energía.

El capítulo III se centra en la repercusión sobre la accidentabilidad, para lo cual, en primer lugar se revisa la literatura que ha surgido para explicar la relación entre seguridad vial y mejora de carreteras y se describe la evolución de los datos de accidentes registrados en las últimas décadas; seguidamente se examinan los efectos causales de una nueva carretera sobre la accidentabilidad y la siniestralidad a través de un experimento natural realizado a partir de los datos de accidentes ocurridos en el tramo de carretera que transcurre entre Unquera (Cantabria) y LLovio (Asturias). El hecho de poder disponer de este caso de estudio donde existen dos zonas perfectamente comparables, únicamente diferenciadas por un largo retraso en la construcción de la autovía en una de ellas, permite aportar una medida del impacto de una autovía sobre la accidentabilidad y mortalidad en carreteras, pudiendo ofrecer una medida del cambio producido exclusivamente por disponer de una carretera de alta capacidad.

El análisis de regresión realizado permite obtener estimadores significativos para las mejoras observadas en las tasas de accidentabilidad y de mortalidad. Así cuando se observa la evolución del tramo Unquera-LLanes, con carretera nacional, respecto al Llanes-LLovio, convertido íntegramente en autovía, se encuentran resultados significativos y como consecuencia de la autovía habría una disminución en torno al 60% de los accidentes y un 90% de la siniestralidad (accidentes con registro de fallecidos).

Cuando se repite el análisis comparando el caso de Unquera-LLanes con el otro tramo adyacente, Lamadrid-Unquera, los resultados no son significativos. En este caso la explicación se encuentra en que el tramo deja la opción al conductor de, en lugar de conducir por la autovía, seguir el viejo trazado de carretera nacional, donde se observa



que siguen registrándose accidentes y muertos.

El capítulo IV analiza los cambios en la accesibilidad. Tras un breve repaso del concepto de accesibilidad y las principales formas de medirla, se estudian cómo la mejora de las carreteras asturianas y el desarrollo de la red de autovías ha supuesto considerables disminuciones en los tiempos de viaje. Se presentan diferentes alternativas de indicadores de accesibilidad, incidiendo en los modelos de gravedad más comúnmente utilizados y se introduce un nuevo indicador de accesibilidad basado en los modelos de radiación, actualmente utilizados como mecanismo para predecir los flujos de *commuting*. Se constata que la inversión en una red de carreteras de alta capacidad como la que actualmente tiene Asturias ha repercutido favorablemente en prácticamente todos los municipios asturianos, situándolos más cerca del resto de España y más cerca entre sí. También se constata que los municipios que están más alejados del centro y aquellos donde llegó más tarde la inversión en infraestructuras parece ser que son los que sufren una peor evolución, pues son los que han experimentado mayores pérdidas de población. Tener una accesibilidad reducida y estar situado lejos de la autovía parece estar asociado a pérdidas de población importantes. Sin embargo, la relación contraria no se cumple: el tener autovía y estar bien localizado con respecto al resto de municipios no implica necesariamente un asentamiento de población.

Se enriquece el capítulo realizando un estudio de caso concreto, el cambio que ha supuesto las variaciones de los tiempos de viaje a los hospitales, ampliando en este caso el ámbito del trabajo a Cantabria además de Asturias. Los datos relevan que casi el 93% de la población asturiana y el 95% de la cántabra tiene acceso a un centro hospitalario en menos de 30 minutos, tiempo óptimo de acceso según los estándares de salud para evitar muertes por ataques de miocardio o temas cardiorespiratorios. Se deja abierta a futuras investigaciones los efectos sobre la salud pública de modificaciones en los servicios ofrecidos por cada área sanitaria, dados los tiempos actuales de viaje y la población a la que se atiende.

Con el análisis de estos tres casos se da respuesta a tres preguntas muy concretas centradas en el caso de Asturias, que podrán ser formuladas para otras regiones o países en particular, aportando una necesaria evidencia empírica adicional en el estudio del



impacto de las infraestructuras. En el contexto de esta tesis se trata de avanzar en el conocimiento de los efectos del desarrollo de las redes de alta capacidad en estos tres casos particulares descritos, pero también en la aplicación de herramientas y métodos de trabajo con un fuerte potencial en el análisis económico y la evaluación de políticas públicas.

RESUMEN (en Inglés)

This thesis tries to analyze what the investment in roads during the last decades has meant for the development of Asturias. This region, which by the middle of the second decade of the twentieth century was one of the most dynamic provinces in Spanish industry, because of its coal and steel supply and the amount of labor and logistics involved in the exploitation of these resources, became in the eighties and nineties one of the so-called "old industrial regions", with many circumstances against to progress.

On the one hand, the dismantling of its traditional sectors, coal and steel, great historical engines of the Asturian economy. On the other hand, its peripheral situation, in the middle of the Cantabrian Cornice, which hindered communications both with the outside and in the region itself, with the periphery of the region clearly disconnected from the center of the region. As one of the measures taken to curb its declaration and the problems caused by its economic situation, an important investment was made in infrastructures, especially road infrastructure, an essential tool to achieve the desired economic cohesion between European regions. As a result of this policy, Asturias, like other Spanish peripheral regions, increased its network of roads.

This thesis is framed in the literature that studies the relationship between infrastructures and economic development, a subject with a long tradition in the economic analysis and still subject to controversy, since it is true that infrastructure is a necessary condition for growth (Hirschman, 1961), neither the empirical evidence nor the literature is unanimous in the fact that investing in infrastructures leads to growth, even a direct causality is not proven. Many researchers (Meijers, 2012, Banister and Berechman, 2001; Holl, 2007) are insisting that more case studies are needed to provide evidence of this relationship, and to do so from a local perspective, since research at this



scale has been given less attention (Rietveld and Bruinsma, 1998).

The reality of Asturias discussed above offers an opportunity to carry out an analysis of this type, to provide more evidence in this line of research, and at the same time offer a reflection on the situation of the region and its prospects for the future and to make the Study with a novel approach such as the use of natural experiments (Campbell and Stanley 1963, Feser 2014) to make an analysis of the effects of the highway on accidentability, or the use of radiation models in front of others Models such as gravity (Bruinsma and Rietveld, 1995, Stelder, 2016) to make the study of accessibility.

The thesis starts with an introductory chapter followed by a chapter of contextualization and three empirical chapters according to the following structure: in chapter I, a description is made of how investment in transport infrastructures has evolved, particularly the road network. This review is made, first, from a European perspective, in order to observe what was the situation of Spain vis-à-vis the other member countries of the European Union as far as infrastructure is concerned, and what has been the evolution to Over the last two decades. Changes in the Spanish regions are discussed below. Finally, it focuses on the case of Asturias, offering also a brief review of the main economic and social characteristics of the region.

Once the characteristics and volume of investment in highways in Asturias have been studied, Chapter II gives an estimate of the employment and the gross added value generated as a result of this investment, as well as the effects on CO₂ emissions. In the case of employment, it is estimated that a minimum of 5,164 jobs were created in 1995 according to SADEI tables, a maximum of 8,670 that was obtained in 2005 with the INE tables. Extending the analysis to the period 1995-2012, using the corresponding tables (the investment is applied in the intervening years to the table of the nearest year), a total of around 114,000 jobs is obtained. More than half of the jobs generated have been created in the construction sector itself, and the rest are distributed mainly among the branches of manufacturing, trade and professional activities and in both cases are the main branches of activity Which benefits, indirectly, the investment in roads in Asturias. In terms of GVA, generated around 2% of the regional GVA. In this case the impact of the direct form on the construction sector is greater than in the case of employment, because it supposes around 70% of the GVA generated the form of the



direct form in the own sector of the construction. In terms of CO₂ emissions during the construction phase, very small values were obtained and mainly derived from indirect activities such as transport or water supply, energy.

Chapter III focuses on the impact on accident rate, for which, firstly, it reviews the literature that has emerged to explain the relationship between road safety and road improvement and describes the evolution of accident data recorded in the Latest Decades; We then examine the causal effects of a new road on accidents and accidents by means of a natural experiment carried out on the basis of accident data on the road section between Unquera (Cantabria) and LLovio (Asturias). The fact that there are two perfectly comparable zones, only differentiated by a long delay in the construction of the highway in one of them, allows us to provide a measure of the impact of a motorway on the accident and mortality in Roads, being able to offer a measure of the change produced exclusively by the supplier of a high capacity road.

The regression analysis made possible to obtain significant estimates for the observed improvements in accident rates and mortality rates. Thus, when the Unquera-LLanes section, with a national road, is observed, with respect to Llanes-LLovio, which has been converted into a dual carriageway, there are significant results and as a consequence of the motorway there would be a decrease of around 60% in accidents and one 90% of the accidents (accidents with registration of deceased).

When the analysis is repeated comparing the case of Unquera-LLanes with the other adjacent section, Lamadrid-Unquera, the results are not significant. In this case the explanation is that the section leaves the option to the driver of, instead of driving on the highway, to follow the old route of the national highway, where it is observed that accidents and deaths continue to be recorded.

Chapter IV discusses changes in accessibility. After a brief review of the concept of accessibility and the main ways of measuring it, the improvement of the Asturian highways has been described. The development of the motorway network have led to considerable decreases in travel times. Different alternatives of accessibility indicators are presented, focusing on the most commonly used gravity models and introducing a new accessibility indicator based on the radiation models, currently used as a



mechanism to predict commuting flows.

It is noted that investment in a high capacity road network such as that currently has Asturias has favorably affected almost all the Asturian municipalities, placing them closer to the rest of Spain and closer to each other. It is also noted that the municipalities that are further away from the center and those where the investment in infrastructure arrived later seems to be the ones that suffer a worse evolution, since they are those that have experienced greater losses of population. Having a reduced accessibility and being located away from the motorway seems to be associated with significant population losses. However, the opposite relationship is not fulfilled: having a motorway and being well located with respect to other municipalities does not necessarily imply a population settlement.

The chapter is enriched by carrying out a concrete case study, the change that has meant changes in traveling times to hospitals, expanding in this case the scope of work to Cantabria in addition to Asturias. The data show that almost 93% of the population of Asturias and 95% of Cantabria have access to a hospital in less than 30 minutes, optimal access time according to health standards to avoid deaths from myocardial attacks or cardio respiratory issues. The effects on public health of changes in the services offered by each health area, given current travel times and the population served, are left open to future research.

Through the analysis of these three cases, three specific questions are answered in the case of Asturias. They can be formulated for other regions or countries in particular, providing a necessary empirical evidence in the study of the impact of infrastructures.

The aim of this thesis has been to advance in the knowledge of the effects of the development of high capacity networks in these three particular cases described above, but also in the application of tools and methodologies with a strong potential in economic analysis and the evaluation of public policies.

Departamento de Economía Aplicada, Universidad de Oviedo

***La inversión en infraestructuras de carreteras en Asturias
(1995-2015). Efectos económicos y territoriales***

Memoria que, para la obtención del grado de doctor, presenta

María Luisa Alonso González

Programa de Doctorado “Economía y Sociología de la Globalización”

Bajo la dirección de los profesores

Dr. Francisco Javier Mato Díaz

Dr. Esteban Fernández Vázquez

Oviedo, abril de 2017

¡Gracias!

A mi familia, por ser siempre mi estrella polar.

A mis compañeros del programa de doctorado por estar siempre dispuesto a echar una mano cuando las circunstancias lo requieren, por ser un punto de apoyo técnico y moral.

A mis amigos y compañeros de trabajo, por entender mi ausencia y apoyarme tanto en los buenos momentos como en los momentos más bajos.

A todas las personas que por sus cargos y experiencia contribuyeron aportando datos, conocimientos e impresiones: SADEI, Consejería de Infraestructuras, Dirección General de Carreteras, Dirección General de Tráfico, Confederación Asturiana de la Construcción.

A mis directores, por acogerme y ser mi guía.

A todos los que me acompañasteis en este camino y formasteis parte de esta aventura...

Introducción.....	7
Capítulo I. Contextualización de los análisis realizados en la tesis.....	23
1. Introducción.....	24
2. Desarrollo reciente de la red de infraestructuras en Europa y en España: una visión general	26
2.1. <i>La evolución de la red de transportes en Europa</i>	26
2.2. <i>El caso de España</i>	28
3. Un caso concreto de estudio dentro del noroeste peninsular: Asturias.....	33
3.1. <i>Asturias: contexto socio-económico</i>	34
3.2. <i>La evolución de la dotación de infraestructuras en Asturias</i>	39
4. Conclusiones.....	47
Capítulo II. Un análisis de los efectos de la fase de construcción.....	49
1. Introducción.....	51
2. La relación entre inversión en infraestructuras, empleo y medio ambiente	51
3. Metodología y fuente de datos.....	55
3.1. <i>El modelo input output</i>	55
3.2. <i>Fuente de datos: SADEI e INE</i>	61
4. Principales resultados a 12 ramas de actividad.....	62
4.1. <i>Efectos sobre el empleo</i>	64
4.2. <i>Efectos sobre el valor añadido</i>	68
4.3. <i>Efectos ambientales</i>	72
5. Conclusiones.....	77
Capítulo III. Efectos sobre la accidentabilidad	79
1. Introducción.....	81
2. Los cambios en la accidentabilidad en las dos últimas décadas	82
2.1. <i>La evolución de la accidentabilidad en carretera</i>	83
2.2. <i>La influencia de las infraestructuras en la seguridad vial. Revisión de la literatura</i> ..	87
3. La investigación experimental como método de trabajo	90
4. Un caso de estudio: el retraso de la construcción de la Autovía del Cantábrico (A-8) en el oriente asturiano	95

4.1. Elección del caso de estudio	95
4.2. Análisis descriptivo	99
4.3. Efectos de convertir un tramo de carretera nacional en autovía. El tramo Llanes-Llovio.....	106
4.4. Efectos cuando en un mismo tramo coexiste carretera nacional y autovía. El caso de Lamadrid-Unquera.....	111
5. Conclusiones.....	116
Capítulo IV. Un análisis en términos de accesibilidad	117
1. Introducción.....	119
2. El concepto de accesibilidad en la literatura de impacto de infraestructuras	120
2.1. ¿Cómo medir la accesibilidad? Estado del arte	121
2.2. Accesibilidad relativa: una crítica a las limitaciones de los modelos basados en medidas gravitacionales.....	125
2.3. La contribución de los modelos de radiación en el cálculo de la accesibilidad.....	128
3. Accesibilidad en territorios periféricos: el caso de Asturias.....	132
3.1. Medidas de contorno.....	135
3.2. Accesibilidad potencial	140
3.3. Modelo de radiación	145
4. Un caso de estudio: el cambio en el tiempo de acceso a los hospitales en Asturias.....	150
5. Conclusiones.....	161
CONCLUSIONES.....	163
BIBLIOGRAFÍA.....	171
ANEXOS.....	193

INTRODUCCIÓN

" La inversión en infraestructuras de transportes tiene efectos potenciales de crecimiento en las economías locales. Por lo tanto, para identificar correctamente y medir el crecimiento económico que deriva de tal inversión, el análisis debe ser llevado a cabo a nivel local. Es en esta escala en la que los impactos sobre el desarrollo económico local, los niveles de renta, la accesibilidad y el empleo deben ser estudiados"

Banister y Berechman, 2001

“Hoy en día sufrimos de una idolatría del gigantismo casi universal. Por tanto, es necesario insistir en las virtudes de lo pequeño. ¿Qué escala es la adecuada? Depende de lo que estamos tratando de hacer”

Schumacher, 1973

1. Inversión en carreteras y crecimiento. Un repaso general a la literatura

Pocos temas han sido objeto de tantas investigaciones y controversias en el análisis económico como el nexo que une infraestructuras y crecimiento, una cuestión debatida y examinada ya desde la construcción de las primeras líneas de ferrocarril en Europa en el siglo XIX o las primeras autovías en Europa y en EEUU en el siglo XX (Hickman, 2015). Aún hoy es un debate abierto y sigue siendo objeto de diversos análisis como lo demuestra la proliferación de trabajos que analizan el impacto económico y territorial de la creación y mejoras en infraestructuras tales como la alta velocidad en ferrocarriles (Albalade y Fageda, 2016; Monzón, Ortega y López, 2013), los nuevos aeropuertos (Goetz, 2015; Cidell, 2015) o las mejoras en los puertos de mar (Song y van Geenhuizen, 2014).

La teoría económica tradicionalmente ha insistido en la necesidad de dotar a un territorio de infraestructuras adecuadas como forma de promover el crecimiento pues considera éstas una condición necesaria y una pieza fundamental para crear un círculo virtuoso de crecimiento (Hirschman, 1958; Biehl, 1991). Sin embargo, aun teniendo en cuenta que es una condición necesaria para crear un círculo virtuoso de crecimiento, ni la evidencia empírica ni la literatura es unánime en el hecho de que invertir en infraestructuras derive en crecimiento, ni siquiera está probada una causalidad directa.

Banister y Berechman (2000) revisan las investigaciones llevadas a cabo respecto al impacto de la inversión en infraestructuras de transporte durante las tres últimas décadas del siglo XX. En su revisión de los diferentes trabajos llegan a la conclusión de que, aunque se pueden establecer relaciones estadísticas, es difícil construir relaciones causales que apoyen los datos, pues pueden aparecer efectos de factores externos que influyen en la dirección y fuerza del impacto, como pueden ser los factores institucionales, tal y como han demostrado Crescenzi, Di Cataldo y Rodríguez Pose (2016). Además, advierten que la gran mayoría de las investigaciones se han centrado en analizar los efectos macroeconómicos de las mismas, sin tener mayormente en cuenta otros aspectos importantes como son los impactos sociales o ambientales.

Los trabajos de Aschauer (1989) y Alicia Munnell (1990)¹ estimaban una relación positiva entre capital público y crecimiento económico, sugiriendo incluso que, para el caso de la economía norteamericana, una disminución en el porcentaje de la inversión en infraestructuras sobre el PIB durante la década de los 70 podría ser la causa de la disminución de la productividad nacional en ese período. La publicación de estos dos trabajos dio lugar a una amplia y extensa literatura que trata de medir la contribución del capital público (en el cual se encuentran las infraestructuras en general, y las de transporte en particular) a la productividad económica a través de diversas estimaciones econométricas de una función de producción en la que el stock de capital público es tratado como un input.

La mayor parte de las investigaciones realizadas siguiendo un enfoque macroeconómico siguiendo la línea de Aschauer y Munnell encuentran una relación positiva entre capital público y crecimiento, aunque difieren en la magnitud de ese impacto. En el caso de España, tanto las investigaciones que utilizan datos anuales para toda la economía española (Maza, González-Páramo, Alegre, y Martín, 1993) como los que utilizan datos de panel para las comunidades autónomas (De la Fuente, 2008; Álvarez, Orea y Fernández, 2003; Mas, Maudos, Pérez, y Uriel, 1995) encuentran también una relación positiva entre infraestructuras y crecimiento, aunque en la mayoría de los casos la tasa de retorno estimada es de menor magnitud que las obtenidas en el caso de la economía norteamericana.

Junto a las teorías que relacionan crecimiento e inversión en infraestructuras desde un enfoque macroeconómico, también en los años 90, bajo la influencia de los trabajos de Krugman (1991), la dimensión territorial cobra fuerza en el análisis económico al considerarse éste un factor determinante para explicar la localización de la actividad económica. Bajo este enfoque

¹ Sendos trabajos dieron lugar a un acalorado debate sobre la magnitud de dicho impacto: Levine y Renelt (1992), Tatom (1993), entre otros, cuestionan tanto la significación estadística de los resultados como la magnitud de los efectos positivos de la inversión en infraestructuras sobre el crecimiento económico, sobre todo en el largo plazo (Gramlich, 1994). Otros autores (Holtz-Eakin, 1994, García Milá et al, 1996) encuentran diferencias significativas en cuando se tienen en cuenta diferentes países y se controlan las diferencias en las condiciones específicas de cada Estado.

económico, la localización de la actividad y los costes de transporte son determinantes no sólo para el crecimiento, sino también para el desarrollo, un concepto más amplio que el de crecimiento, pues es como define Sen (2000) "un proceso de expansión de las libertades reales de las que disfruta la gente" (p.15). De hecho, entre las libertades que las infraestructuras de transporte pueden expandir se encuentran las posibilidades de acceder a toda una serie de oportunidades, al acercar mercados, servicios, y personas.

Al amparo de ambos enfoques, tanto el que relaciona positivamente la inversión en capital público con el crecimiento, como las que defienden el papel que juega la localización en el desarrollo, la mejora y construcción de infraestructuras de transporte ha sido utilizada como una política primordial dentro de las políticas públicas al considerarse ésta una pieza clave para reducir los costes de desplazamiento de personas y mercancías, un aspecto quizás aún más relevante en un contexto como el actual, de economía globalizada, donde las redes y la interconexión son una pieza fundamental.

Igualmente se ha defendido el papel relevante de las infraestructuras de transporte para favorecer el crecimiento y la convergencia regional. Sin embargo, en lo que se refiere a la convergencia regional, diversos estudios han alertado de que la inversión en infraestructuras no lleva necesariamente a reducir las desigualdades y los desequilibrios regionales. Vickerman, Spiekermann, y Wegener (1999) o Puga (2002) no consideraban tan obvio que el desarrollo de una red de infraestructuras mejorara la convergencia regional. De hecho, argumentaban que el desarrollo de una red de transportes en el caso de Europa corría el riesgo de aumentar más que reducir los desequilibrios regionales tanto en términos de accesibilidad como en el de las oportunidades económicas de las regiones.

Aun asumiendo como cierto que las infraestructuras facilitan la integración económica no siempre favorece a las regiones periféricas de la misma forma que a las centrales. Existe un debate abierto sobre el llamado *two-way road argument* (Preston, 2001), que cuestiona si la unión del centro con la periferia puede promover o no el desarrollo ya que puede expulsar la localización de las actividades con la misma facilidad que puede atraerlas, y lo mismo ocurre con la población. Es el debate en torno a si como resultado de una nueva infraestructura se llega a la descentralización o polarización del desarrollo económico (Vickerman, 1994).

La evidencia empírica disponible tampoco es concluyente sobre el papel que una política activa de inversión en infraestructuras puede jugar para reducir las desigualdades regionales. Algunos trabajos sobre el impacto de la red de transportes llevados a cabo en los últimos años (Crescenzi y Rodríguez-Pose, 2008) han constatado que si bien la inversión en nuevas infraestructuras de transporte ha contribuido a mejorar los efectos centrípetos al unir el centro con la periferia, parece haber animado el dinamismo de las regiones del centro a expensas de las regiones de la

periferia produciéndose el comentado efecto *two-way road*. Para tener conclusiones, como ya señalaban Banister y Berechman (2001), es necesario realizar más investigaciones que aporten evidencias empíricas y estudios locales que den señales de qué ocurre en cada caso.

Además, Mas et al. (1995) advierten de la existencia de una especie de rendimientos decrecientes del capital público, esto es, una vez alcanzados unos niveles más homogéneos de dotación entre diferentes áreas, resulta más difícil utilizar las infraestructuras como medio para acelerar la convergencia, un hecho que se está constatando actualmente en la mayor parte de países desarrollados (Iacono y Levinson, 2015).

No obstante, el hecho de que la inversión en infraestructuras de transporte no derive por sí misma en crecimiento económico, no significa que se deba prescindir de ellas como instrumento para alcanzar dicho objetivo, sino que más bien empuja a estudiar y evaluar bajo qué condiciones se desarrollan determinados proyectos específicos ya que, como señalan Mas et al. (1995) no todas las inversiones tienen los mismos efectos en todos los territorios.

Dentro de la evaluación de los impactos de las infraestructuras de transporte existen diferentes enfoques y métodos de contraste, desde los enfoques agregados basados en estimaciones econométricas al estilo de Aschauer, Munnell, a los análisis coste beneficio (de Rus, 2008), pasando por los diferentes modelos de economía regional como son los análisis input-output (Babcock y Bratsberg, 1998; 2011) o los modelos espaciales de equilibrio general (Bröcker, Korzhenevych, y Schürmann, 2010).

En los últimos años los modelos de equilibrio general están ganando terreno en el análisis económico como una herramienta para el análisis del impacto regional de las políticas públicas debido, entre otras razones, a su capacidad para explicar diferentes efectos tanto directos como indirectos de una forma teórica coherente, permitiendo simulaciones de políticas (Brocker et al. 2010). Estos modelos se encajan en la tradición microeconómica de análisis de equilibrio estático donde los consumidores tratan de maximizar su utilidad y los productores sus beneficios y un algoritmo determina el equilibrio entre oferta y demanda. Sin embargo, cuentan con limitaciones para ser utilizados como método de análisis de una política, principalmente debido a su complejidad y dificultad de comprensión desde un ámbito fuera del académico (Iacono y Levinson, 2015).

Como ya señalaba De la Fuente y Vives (1995), un enfoque agregado que relacione infraestructuras y crecimiento a través de una estimación econométrica sólo puede capturar una parte de los efectos de esa inversión, pero queda una parte importante sin explicar. En su investigación llevada a cabo sobre las regiones europeas encuentran que las diferencias en la dotación de capital humano e infraestructuras explicaría sólo un tercio de la desigualdad

regional observada, los dos tercios restantes vendrían especificados por otras circunstancias que no recoge el modelo econométrico.

Esto mismo ocurre en los modelos de economía regional, especialmente los de equilibrio general, aunque se están consolidando como una herramienta capaz de capturar todo un conjunto de efectos a través de simulaciones, también dejan sin explicar las claves de desarrollo y demostrar a través de qué mecanismos se transmiten los efectos de la inversión (Iacono y Levinson, 2015). Como señala Brocker et al. (2010)², un análisis de equilibrio general no es un análisis coste-beneficio, siempre existen efectos que no se tienen en cuenta y que condicionan los resultados.

Aun considerando cierto que las infraestructuras son necesarias para el correcto desarrollo económico, una misma dotación agregada de capital público en infraestructuras puede estar asociada a distintas tasas de crecimiento y niveles de vida (de Rus, 2008). Existen otros factores que condicionan el desarrollo, como son las condiciones macroeconómicas, o la educación y los niveles de formación existentes en el lugar, que pueden tener una influencia tan o más relevante en el desarrollo económico que la inversión en infraestructuras (Iacono y Levinson, 2015). Por tanto, estimar el impacto económico de una inversión puede resultar muy complicado, de ahí que complementariamente a los análisis macro, sea necesario enfocar el análisis desde un enfoque micro y dedicar un mayor esfuerzo de investigación a la evaluación social de los proyectos (de Rus, 1996).

Por lo general los economistas han buscado una relación macro que explique la relación entre crecimiento e inversión, aun sabiendo que detrás de una ecuación hay efectos importantes que no son explicados como puede ser, para el caso de la inversión en carreteras, la reducción de la siniestralidad y de pérdidas de vidas en los accidentes de tráfico. Por ello en esta tesis se considera conveniente hacer un análisis más amplio y dar también un enfoque micro que permita analizar aspectos más concretos que no quedan recogidos en un modelo econométrico.

Desde un enfoque micro, la mayoría de los estudios de impacto económico, tal y como constatan Iacono y Levinson (2015), se han llevado a cabo usando *conventional project based methods*. Estos métodos se focalizan en analizar el impacto de una inversión comparando los costes (normalmente calculados como la inversión inicial en capital más costes de mantenimiento y reparación) y los beneficios (reducciones de tiempos de viaje, disminución de gasoil consumido, reducción de accidentes..) teniendo en cuenta tasas de descuento, y en

² Brocker et al. (2010) tratando de estimar las tasas de retorno y los efectos *spillover* de 22 de los proyectos prioritarios de la TEN-T encuentran que las externalidades (como son la congestión endógena o el tráfico local) hacen difícil de concluir si se están subestimando o sobreestimando los efectos analizados

muchos casos precios sombra, esto es, valores estándar basados en la evidencia de estudios empíricos.

Dentro de estos métodos se encuentran los análisis coste beneficio de un proyecto, una línea de trabajo ampliamente desarrollada en España por Ginés de Rus, entre otros. El análisis coste beneficio es uno de los métodos más comunes para evaluar la rentabilidad de una inversión. Es relativamente sencillo de utilizar pues los datos que utiliza están fácilmente disponibles y el método de trabajo y los resultados son fáciles de comprender. Sin embargo, tiene algunas limitaciones. Las críticas más comunes a este método es que no tienen en cuenta todos los posibles impactos de un proyecto, por ejemplo, no distingue los efectos económicos del proyecto sobre los usuarios potenciales o los no usuarios de la inversión al no distinguirse ni diferenciarse entre “ganadores” y “perdedores” por la construcción del proyecto (Levinson, 2002) o cómo pueden alterar los patrones de exclusión social (Church, Frost, y Sullivan, 2000; Lucas, 2012).

Las principales críticas a los modelos de análisis coste-beneficio se basan en el hecho de que hay impactos que no pueden ser efectivamente cuantificados como son los ambientales o los relacionados con el valor del paisaje. Otra de las principales críticas deriva de las discusiones sobre el valor que se ha de tomar como tasa de descuento pues se prevén los costes de una forma muy anticipada, que en muchos casos poco tiene que ver con la realidad.

Existe además en la evaluación de un proyecto otro reto que merece especial atención, como es la respuesta de viajeros, empresas y territorios a las mejoras en la red de transportes en períodos largos de tiempo. Normalmente las respuestas en el corto plazo se denominan “demanda inducida” y estas pueden complicar la estimación de los beneficios del proyecto durante la vida económica del mismo, al igual que el “desarrollo inducido” que puede generar la propia inversión al influir en otros aspectos como es el cambio en la accesibilidad. Y estos efectos son los que normalmente se demuestran a posteriori, o ex post, esto es, una vez puesta en funcionamiento la infraestructura en la que se ha invertido.

Por ello los análisis de impacto también deben analizarse desde una perspectiva ex post, y no sólo ex ante. Sin embargo la mayoría de las evaluaciones de proyectos de transporte se han basado en análisis coste beneficio ex ante, es decir antes de llevar a cabo la inversión, y son menos las que se hacen ex post (Holvald, 2015) a pesar de que desde los organismos internacionales (OCDE, BID, Comisión Europea) y desde la propia investigación académica (Banister, 2012) se está insistiendo en la necesidad de llevar a cabo evaluaciones ex post que den señales de qué impacto ha tenido la inversión en infraestructuras.

Dentro de los análisis de evaluación *ex post*, y como una alternativa a los estudios econométricos que tratan de estimar los parámetros de la función de producción y a los estudios que hacen análisis coste beneficio para estimar el impacto de la inversión en infraestructuras, está ganando terreno el método de investigación experimental y cuasi-experimental³ (Funderburg, Nixon, Boarnet, y Ferguson (2010). Este método de análisis se basa en la observación de dos grupos: un grupo de tratamiento, que ha recibido una intervención, y un grupo de comparación que no ha sido objeto de dicho tratamiento y trata de explicar las diferencias en la evolución de ambos grupos como consecuencia del tratamiento al que se ha visto sometido.

La investigación experimental y cuasi-experimental es un método de trabajo que se ha introducido en los últimos años como herramienta de trabajo en la evaluación de impactos de políticas públicas. Feser (2013) constata un considerable aumento del número de investigaciones que realizan diseños cuasi-experimentales en el ámbito de la economía y la geografía regional en las dos últimas décadas y achaca este hecho a un incipiente interés de la literatura sobre evaluación de programas y los estudios que, en la economía empírica, se basan en la observación de una realidad. Isserman (1982, 1987) argumentaba que la investigación cuasi-experimental es susceptible de ser utilizada en el estudio de muchos aspectos de desarrollo regional, desde los efectos de la construcción de autopistas a los de la ubicación de una nueva industria en un entorno hasta la evaluación de los polos de crecimiento y de estrategias de inversión.

A pesar que la investigación cuasi-experimental es un método de trabajo interesante para ser utilizado en el ámbito de la economía regional (Mitze, Paloyo, y Alecke, 2012; Mitze, 2014), las investigaciones en esta línea de trabajo, y más concretamente en lo referente al impacto de infraestructuras públicas aún son escasas. Algunas de las primeras referencias en este aspecto son el trabajo realizado por Campbell y Ross (1968) sobre los efectos de limitar la velocidad en las carreteras de Connecticut o el de Rephann e Isserman (1994) sobre el impacto de la construcción de carreteras de aquellos condados que tienen un enlace a autopista o están cerca de uno. Más recientemente este método de trabajo ha sido utilizado por Funderburg et al. (2010) para analizar el impacto de la construcción de autovías sobre el uso del suelo en los condados de Santa Clara, Merced y Orange, los tres en el Estado de California.

Pese a la importancia de analizar los efectos de una forma *ex post*, y la existencia de múltiples métodos que permiten realizar diversas estimaciones, como señalan, Holvald y Leleur, (2015) la

³El trabajo de Campbell y Stanley (1963) sobre la idoneidad de la investigación experimental y cuasi-experimental en las ciencias sociales, y las posteriores aplicaciones al campo de la economía (Meyer, 1995), abrió paso a esta metodología de trabajo aplicable en los estudios de evaluación de impacto de programas.

evaluación ex post de los proyectos, entendida de una forma amplia, que va más allá de un análisis coste beneficio o de estimar la contribución de las infraestructuras al crecimiento regional, es aún escasa, y es necesario que se hagan nuevos trabajos que ayuden a entender las condiciones específicas bajo las que se ha desarrollado el proyecto y que han determinado su éxito o fracaso.

En definitiva, las infraestructuras atraen la atención de los economistas, que han analizado la inversión en capital fijo desde ópticas diversas –crecimiento, localización, convergencia regional, entre otras- y con métodos también diversos. Se trata de un campo fecundo, de gran interés para la investigación empírica y donde se pone de manifiesto un cierto déficit de trabajos que combinen ese carácter aplicado, su realización a posteriori y el análisis en una escala suficientemente pequeña como para poder profundizar en las numerosas derivadas que puede generar este tipo de inversiones. De este posible déficit parten las ideas que dan lugar a la presente tesis.

Esta tesis pretende avanzar en esta línea y contribuir al análisis ex post del impacto de las infraestructuras de transporte, en concreto el impacto de las carreteras de alta capacidad, desde una óptica regional a través de la experiencia de una región en concreto, Asturias, como caso particular de estudio.

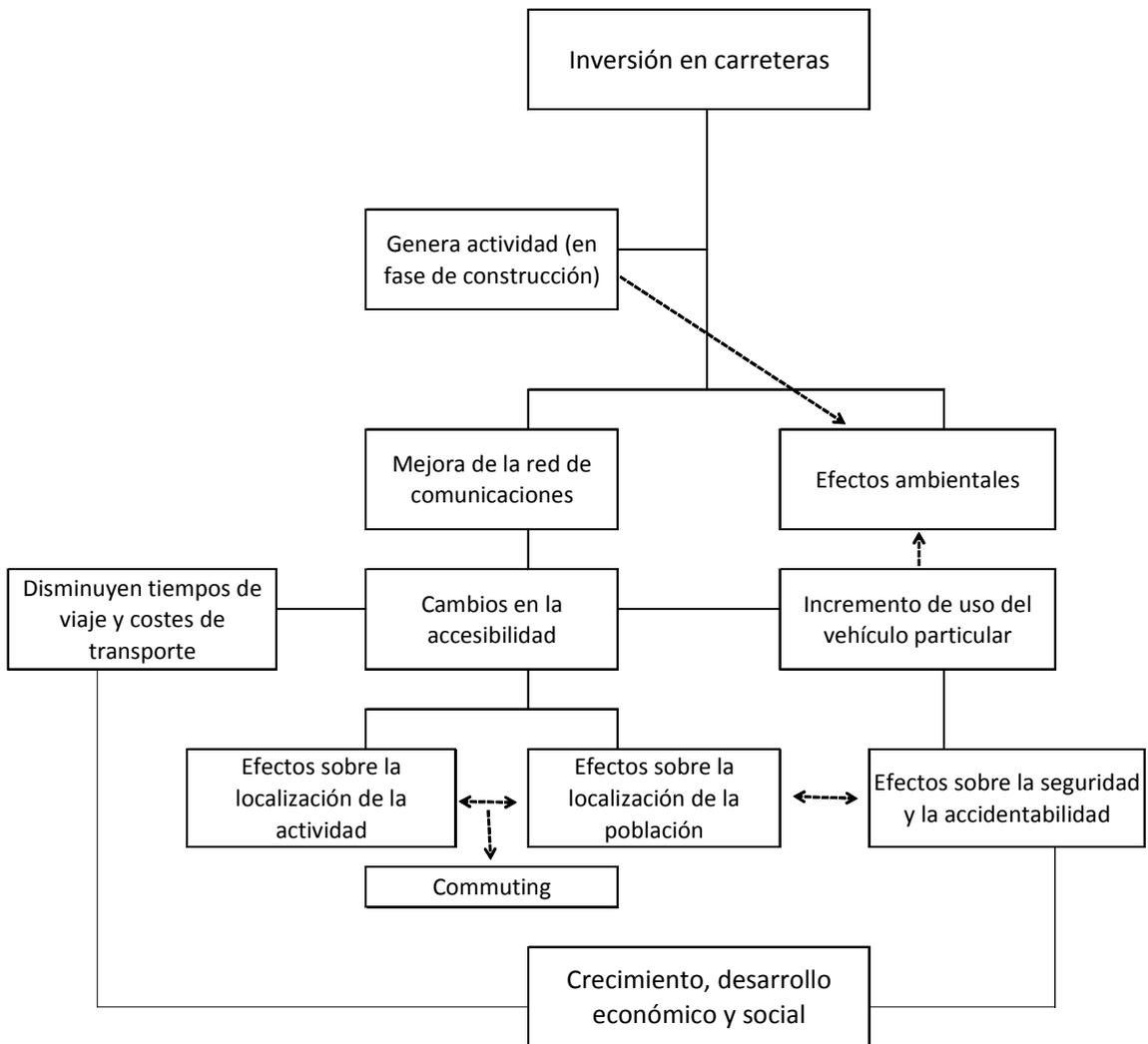
Dos razones principales motivan esta investigación. Por una parte, la inversión en carreteras ha sido una de las políticas públicas más relevantes en España en las tres últimas décadas⁴ y en especial en algunas regiones como Asturias, donde la construcción de carreteras era vista como una esperanza para mejorar la economía de esta región caracterizada históricamente por su aislamiento y difícil accesibilidad. Por otra parte, aunque los efectos derivados de esa inversión han sido analizados desde diversos enfoques, ese análisis se ha hecho en general desde una óptica nacional y los efectos territoriales, para regiones en concreto, han quedado desdibujados o difuminados por la generalidad de lo global y no ha reparado en las especificidades de cada territorio. De aquí las citas que preceden esta introducción.

2. Efectos de la inversión en carreteras. Una propuesta de análisis

Los efectos que se derivan de la construcción de las carreteras (en particular de vías de alta capacidad), como refleja la figura 1, son amplios y van desde la creación de empleo derivados ambos de la propia construcción de la misma hasta la disminución (¿o aumento?) de la siniestralidad en las carreteras pasando por efectos ambientales y cambios en la articulación social y territorial como a continuación se explica.

⁴La inversión en capital fijo en España ha rondado el 4% del PIB en durante la primera década del actual siglo, y de ella casi el 50% se destinó a inversión en carreteras.

Figura 1. Esquema propuesto para la evaluación de los efectos sobre el crecimiento y el desarrollo de la inversión en carreteras



Fuente: elaboración propia a partir de Banister y Berechmann, 2001.

Uno de los efectos más inmediatos de la construcción de carreteras, como se refleja en la figura 1, es la generación de empleo que se produce ya en la propia fase de construcción de las mismas. Es innegable que las actividades que conlleva la construcción de autopistas y carreteras por sí mismas generan empleo. La *American Federal Highways Agency (FWHA)* estima, en el año 2004 y en el caso de EEUU, que por cada millardo de dólares de inversión en autopista se generan 44.709 trabajos de tiempo completo, de los cuales 8.390 están directamente relacionados con la construcción de la carretera, mientras que 20.924 son de soporte a la

industria y 15.395 en industrias que se benefician de forma directa o indirecta de empleo en el sector servicios. En el caso de España se estima que durante la primera década del siglo XXI en torno a un millón de personas cada año trabajaron en alguno de los sectores relacionados con los servicios del transporte o con la ingeniería civil, según los datos de la EPA, lo que representa en torno al 5% de los ocupados en España. A esta cifra hay que sumar las de otras empresas de construcción que no son ingenierías pero que emplean a parte de su personal en la ejecución de obra pública (algunos estudios la cifran en 200.000 personas).

Siguiendo el esquema propuesto en la figura 1, los efectos más inmediatos, además de la generación de empleo, son los que se relacionan con la mejora de las comunicaciones y los efectos ambientales (estos últimos también relacionados con los efectos que se producen durante la fase de construcción). La mejora de la red repercute en un cambio en la accesibilidad, reduce los tiempos de viaje (y con ello los costes de transporte) y, por otra parte, incentivaría una mayor utilización del vehículo particular. Un mayor uso del vehículo tendría efectos sobre la accidentabilidad, pero también sobre el medio ambiente. La mejor accesibilidad, por su parte, al posibilitar que los territorios estén mejor comunicados, y al facilitarse también los desplazamientos, facilitaría que se produzcan cambios en la localización de la actividad y de la población y con ello, en resumen, se producen cambios en la participación social, el *commuting*, y el uso del suelo⁵.

En los últimos años aparece un interés creciente por los efectos *spillover* que genera la inversión en infraestructuras (Stepniak, 2013; Álvarez-Ayuso, Condeço-Melhorado, Gutiérrez, y Zofío, 2011; Gutiérrez, Condeço-Melhorado, y Martín 2010), esto es los efectos que se generan más allá de la división administrativa donde se ha realizado la inversión, o lo que es lo mismo, como una región o un territorio determinado puede llegar a beneficiarse de una inversión realizada en otra región o territorio. Gutiérrez et al. (2010) estudian qué efectos *spillover* generará el Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte 2005–2020, en España, y predicen diferentes comportamientos de las regiones, mientras que unas reciben más de lo que dan, a otras les ocurre lo contrario. En general, concluyen que el 59% de la inversión realizada se exporta, esto es, generan un efecto *spillover* sobre el resto de regiones, produciéndose el efecto más importante en las regiones situadas en el centro que en la periferia de la Península Ibérica. Boarnet y Haughwout (2000) en su análisis de las autovías en EEUU advertían de que la

⁵Boarnet y Haughwout (2000) tras el análisis de entorno de veinte evidencias empíricas sobre la influencia de las autovías en el desarrollo metropolitano en EEUU concluyen que las autovías tienen una influencia sobre las rentas del suelo, producen cambios en la localización del empleo y de la población y que las variaciones en el uso del suelo probablemente se producen a costa de pérdidas en otros lugares. Sus investigaciones sugieren que los cambios sobre el uso del suelo tienden a ser más redistributivos que generativos, un debate que aún está abierto (Meijers, 2012).

inversión en carreteras puede tener efectos *spillover* negativos al promover la descentralización y la expansión suburbana compensando por tanto los beneficios de la aglomeración.

La mayoría de trabajos que se dedican a estudiar el efecto de las infraestructuras lo hacen centrando su atención en los efectos generativos, esto es, las mejoras que surgen en la región afectada por la inversión en infraestructuras (Rietveld y Bruinsma, 1998). Sin embargo, como señala Meijers (2012), puede que esos efectos generativos escondan efectos distributivos en el interior de la región, esto es, puede ocurrir que la inversión en infraestructuras lleve a que unas zonas estén creciendo pero a costa de que otras zonas crezcan menos o incluso pierdan posiciones, como ya habían señalado Vickerman et al. (1999). Estos efectos son más visibles cuando se hacen estudios a un nivel local, y la investigación más reciente tiene puesto su punto de mira en ellos, ya que aún hay pocas evidencias de tales efectos.

Existen trabajos que miden el impacto de determinadas obras, como el impacto de la mejora en la autovía en Gales (Bryan, Hill, Munday y Roberts, 1997) o el impacto del eje transversal en Barcelona (Obregón, 2011). Pero, es menos común encontrar investigaciones académicas sobre el conjunto de los efectos que ha tenido la mejora en la red y menos frecuente es encontrar investigaciones a nivel regional, un análisis que sin embargo es útil, pues como se ha señalado, no todos los lugares tienen porqué responder de la misma manera ante los cambios que supone una inversión en el territorio.

3. Objetivos y contenido de la tesis

Esta investigación propone analizar desde una óptica económica, social y territorial algunos de estos efectos comentados, como son la accidentabilidad, la accesibilidad y los efectos de la propia fase de construcción. Y se centra en el caso de Asturias, una de las regiones más beneficiadas del incremento en la dotación de carreteras en las tres últimas décadas, donde la inversión en carreteras fue considerada como una herramienta clave para el desarrollo económico de la región.

La idea de que invertir en infraestructuras permitiría romper el tradicional aislamiento de la región y mejorar las relaciones con el exterior es una idea advertida ya por Jovellanos sobre la que se ha insistido ya en el siglo XVIII⁶, pese a ello no fue hasta los últimos años del siglo XX y comienzos del XXI cuando Asturias consiguió una salida rápida hacia las otras regiones a través de autopista, la A-66 con León y la autovía A-8 con Galicia y Cantabria.

⁶Gaspar Melchor de Jovellanos (1744-1811) en diversos discursos y escritos, insistió en la necesidad de dotar a la región de buenas infraestructuras y comunicarla con las regiones vecinas como una forma de promover el desarrollo de la región. Fruto de su insistencia están los proyectos de algunas infraestructuras claves en la región, como la carretera a Castilla o la llamada carretera carbonea Langreo-Gijón, que no lograría ver.

Desde el primer plan de carreteras en Asturias en 1986 a la actualidad Asturias ha conocido una mejora espectacular en su red de carreteras, especialmente en la red de alta capacidad, y pasa de no tener más que unos kilómetros de autovía que unían las tres principales ciudades, a estar atravesada de este a oeste y de norte a sur por carreteras de alta capacidad, que la unen, además de con sus provincias vecinas, con Europa a través de la denominada Autovía del Cantábrico, A-8, y con el centro de España, a través de la A-66.

Sin embargo, pese al esfuerzo inversor destinado a mejorar la conexión de la región, tanto dentro de la región como hacia el exterior, los indicadores de evolución económica no parecen ir en consonancia y Asturias prácticamente no ha dejado de perder empleos y población en los últimos años. El declive económico y social en el que se vio inmersa la región como consecuencia del desmantelamiento de los sectores industriales tradicionales motores de la economía regional (minería y siderurgia) sigue vivo y parece que la política basada en mejorar las infraestructuras de transporte no ha sido suficiente para contrarrestar los efectos devastadores que tal desmantelamiento ha originado, sobre todo en términos de empleo y de población. No obstante, es innegable que la inversión ha tenido efectos positivos en otros aspectos como la mejora de la accesibilidad o los cambios en la accidentabilidad.

Teniendo en cuenta todas estas consideraciones, esta tesis tiene como objetivo principal analizar el impacto de la red de carreteras de alta capacidad en Asturias combinando diferentes técnicas y enfoques en los que se basa la investigación del impacto de infraestructuras de transporte.

Y como objetivos derivados de este objetivo principal, indaga en aspectos claves como la repercusión de la mejora viaria en la siniestralidad y pérdidas de vida en carretera, qué significan la mejora de la accesibilidad para los habitantes de la región o qué ha supuesto para la economía regional dicha inversión. Para dar respuesta a estas preguntas se hace un análisis específico en cada uno de los aspectos en los que el cambio en la red de carreteras ha debido tener un impacto en la economía regional pero hasta el momento no ha sido estudiado en profundidad: efectos sobre la economía local durante la fase de la construcción, efectos sobre la accidentabilidad y efectos sobre la accesibilidad.

Se inicia la tesis con un capítulo de contextualización, el capítulo I, donde se hace una descripción de cómo ha evolucionado la inversión en infraestructuras de transporte, y particularmente la red de carreteras. Se hace una descripción en primer lugar desde una perspectiva europea, con el fin de observar cual era la situación de España frente a los demás países integrantes de la Unión Europea en lo que a disposición de infraestructuras se refiere, y cuál ha sido la evolución a lo largo de las dos últimas décadas y se hace lo mismo para el caso de las provincias españolas. Finalmente se centra en el caso de Asturias, ofreciendo además un breve repaso de las principales características económicas y sociales de la región.

Una vez estudiado el volumen de inversión en carreteras en Asturias, en el capítulo II se hace un análisis de los efectos generados durante la fase de construcción, un aspecto que normalmente ha quedado desdibujado pues la literatura se ha centrado en los estudios a posteriori, y ha tratado de ver los cambios de un lugar tras la construcción de una infraestructura, pero menores son los trabajos que analizan lo que ocurre durante la fase de construcción. En este capítulo se recurre al uso de las tablas input-output nacionales y regionales para ofrecer una estimación del empleo y del valor añadido bruto generado como consecuencia de dicha inversión, así como de los efectos medioambientales, particularmente sobre la emisión de CO₂.

Siguiendo el esquema propuesto en la figura 1, el capítulo III se centra en la repercusión sobre la accidentabilidad, para lo cual, en primer lugar se revisa la literatura que ha surgido para explicar la relación entre seguridad vial y mejora de carreteras y se describe la evolución de los datos de accidentes registrados en las últimas décadas; seguidamente se examinan los efectos causales de una nueva carretera sobre la accidentabilidad y la siniestralidad a través de un experimento natural realizado a partir de los datos de accidentes ocurridos en el tramo de carretera que transcurre entre Unquera (Santander) y Llovio (Ribadesella). El hecho de poder disponer de este caso de estudio donde existen dos zonas similares, únicamente diferenciadas por el retraso en la construcción de la autovía en una de ellas, permite aportar una medida del impacto de una autovía sobre la accidentabilidad y mortalidad en carreteras, pudiendo aportar una medición aproximada del cambio producido exclusivamente por disponer de una carretera de alta capacidad.

El capítulo IV analiza los cambios en los tiempos de viaje y en la accesibilidad. Tras un breve repaso del concepto de accesibilidad y las principales formas de medirla, se estudia cómo la mejora de las carreteras asturianas y el desarrollo de la red de carreteras de alta capacidad ha supuesto considerables disminuciones en los tiempos de viajes variando con ello sus indicadores de accesibilidad. Se propone en este capítulo una alternativa de indicador para conocer los efectos específicos de las infraestructuras sobre la accesibilidad: los modelos de radiación, recientemente utilizados para analizar los flujos de *commuting* pero con el potencial de ser un indicador adecuado en el análisis de accesibilidad al ofrecer la posibilidad de que cambios en las infraestructuras de transportes puedan tener efectos negativos sobre la accesibilidad, un aspecto que los indicadores de accesibilidad tradicionales basados en modelos de gravedad no contemplaban. Se completa este capítulo con un caso particular, el estudio de los cambios en el acceso a los hospitales al ser este, además de un tema latente en la literatura que analiza los efectos de infraestructuras, un aspecto relevante y de interés social ya que repercute en el bienestar de la población dentro de la región y que puede tener incidencias de cara a futuras políticas que conciernen a la gestión sanitaria.

Con el análisis de estos tres casos se da respuesta a tres preguntas muy concretas particularizadas en el caso de Asturias, que podrán ser formuladas para otras regiones o países en particular, aportando una necesaria evidencia empírica más en el estudio del impacto de las infraestructuras. En el contexto de esta tesis se trata de avanzar en el conocimiento de los efectos del desarrollo de las redes de alta capacidad en estos tres casos particulares descritos, pero también en la aplicación de herramientas y métodos de trabajo con un fuerte potencial en el análisis económico y la evaluación de políticas públicas.

**CAPÍTULO I. CONTEXTUALIZACIÓN DE LOS
ANÁLISIS REALIZADOS EN LA TESIS**

“Lo primero que nos pide Cicerón a los historiadores es que contemos historias verdaderas. Trataré de cumplir totalmente mi deber en esta ocasión, dándoles un trozo modesto de historia económica narrativa en la que 'una condenada cosa se deduce de otra'.

El punto principal de la historia quedará bastante claro: a veces no es posible descubrir la lógica (o ilógica) del mundo que nos rodea sin comprender cómo tomó ese camino”.

Paul A. David, 1985.

1. Introducción

El impacto de la inversión en infraestructuras de transporte, como se ha argumentado a lo largo de la introducción, ha sido un tema de interés analizado y discutido desde diversos ámbitos y ópticas, y aún hoy todas las modalidades son objeto de estudio: la alta velocidad (Chen y Hall, 2016; Albaladejo, 2016), las líneas de metro (Mejía, 2016), los aeropuertos (Goetz, 2016, Button, 2000) o los puertos de mar (Deng, 2013).

Esta tesis se centra en el impacto que ha tenido el incremento de la red de carreteras y, en especial, el desarrollo de la red de alta capacidad. Dos razones amparan esta elección: por un lado, como se va a comentar en el segundo apartado, por la importancia que ha tenido la inversión en carreteras en cuanto a volumen de gasto respecto al resto de las infraestructuras de transporte en las últimas décadas. Por otro lado, como se argumenta a continuación, por ser el principal medio por el que se desplazan tanto personas como mercancías.

La mayor parte de todos los desplazamientos interiores, tanto de viajeros como de mercancías, en España, al igual que en el conjunto de los países europeos, se realiza por carretera. En el caso de los países de la Unión Europea (UE-28), según las estadísticas de Eurostat, aproximadamente el 75% de la mercancía y el 83% de los viajeros se mueven por carretera. En el caso de España el movimiento interior de mercancías por carretera supone el 83% total de las toneladas transportadas (millones de tn-km) y el 91% de los desplazamientos de viajeros (millones de viajeros-km). Este porcentaje se ha mantenido desde los años 70, aun cuando el volumen de

desplazamientos y de mercancías transportadas se ha triplicado en estas cuatro décadas (Ministerio de Fomento, 2014).

Para soportar este incremento de desplazamientos y que éstos se realicen de forma fluida ha sido necesario el desarrollo de una red de infraestructuras viarias adecuada que permitiese una gran capacidad de circulación (Serrano, 2001). Es lógico pensar que la mejora de dicha red haya desempeñado un papel, más o menos relevante, sobre la evolución del territorio y no sólo en términos económicos, sino también sobre otros aspectos como son la seguridad y la accidentabilidad, la accesibilidad a servicios y mercados y el *commuting*, o incluso aspectos ambientales.

Algunos aspectos, como la mejora de la accesibilidad y la reducción de los tiempos de viaje que conllevan, son efectos casi indiscutibles. Sin embargo, los efectos positivos de la inversión en carreteras sobre la actividad económica y su capacidad para disminuir los desequilibrios territoriales han sido puestos en tela de juicio en varios análisis (Crescenzi y Rodríguez-Pose, 2008; Puga, 2008) al constatarse la aparición del denominado efecto *two-way road argument*. Este efecto, comentado en la introducción de esta tesis, apunta al hecho de que un país o una región puede beneficiarse de la construcción de mejores carreteras, a costa de empeorar otro país o región aunque en estas últimas también se haya llevado a cabo la misma intervención.

No obstante, los resultados de la mejora de la red de transporte dependen del contexto en que las infraestructuras se desarrollen y fundamentalmente de tres factores, tal y como señalan Lakshmanan y Chatterjee (2005): el estado de la red de transporte preexistente, el nivel de desarrollo económico del lugar donde se invierte y la competencia dentro y entre regiones.

Sin embargo, aun teniendo presente que el estado de la red preexistente es un determinante de los resultados que se puede conseguir con la inversión en infraestructuras, en la mayor parte de los modelos de impacto, el desarrollo de las redes de transporte juega un papel limitado, principalmente derivado de la escasez de datos históricos sobre la evolución de esa red (Stelder, 2016).

Por ello en esta tesis se considera conveniente dedicar un primer capítulo a la descripción de cómo ha evolucionado la inversión en infraestructuras de transporte, y particularmente la red de carreteras tanto desde una visión conjunta para el caso europeo, como desde España y en concreto Asturias.

2. Desarrollo reciente de la red de infraestructuras en Europa y en España: una visión general

2.1. La evolución de la red de transportes en Europa

Una de las grandes preocupaciones en el proceso de integración europea ha sido, y aún hoy es, el de la cohesión económica y social entre los países miembros. En ese proceso de convergencia y de cohesión, las infraestructuras de transporte, en particular la dotación de carreteras de alta capacidad, jugaba un papel primordial (Comisión Europea, 1989, 1991) al ser una pieza clave para la conexión de los mercados de bienes y servicios que perseguía.

Sin embargo, para hacer del espacio europeo un territorio integrado habría que encarar en temas de carreteras dos cuestiones cruciales (Comisión Europea, 1989). Por una parte, los graves problemas de intercomunicación que existían entre fronteras nacionales, a pesar de que ya en el período 1975-1989 se dotó un fondo de ayuda para llevar a cabo proyectos de interés para la Comunidad, dirigido básicamente a financiar los enlaces internacionales. Por otra parte, la inexistencia hasta bien entrados los años 80 de una planificación conjunta de las infraestructuras, que tuviera en cuenta las necesidades de la Unión. Hasta ese momento, frecuentemente la planificación de infraestructuras la hacía cada país desde una óptica básicamente nacional, teniendo en cuenta casi exclusivamente las insuficiencias nacionales (Vickerman, 1995) pero sin tener en cuenta las necesidades de la Unión Europea.

El hecho de que algunos países tuvieran una dotación insuficiente de infraestructuras era considerado un hándicap para el desarrollo de las regiones. De hecho, el V informe sobre la situación y evolución socioeconómica de las regiones de la Comunidad (Comisión Europea, 1994) relacionaba la menor renta per cápita de las regiones de Grecia, España, Portugal e Irlanda respecto al resto de la Unión Europea con la escasa dotación de sus regiones en carreteras, autopistas y líneas ferroviarias.

Para acabar con esa situación y conseguir un planeamiento integrado de la red de transportes a nivel comunitario, en 1989 se planteó un primer plan de carreteras transeuropeas que se enmarcaba dentro del desarrollo de lo que se llamó Trans-European Networks (TENs), esto es, un planeamiento conjunto a nivel europeo de la red de transportes que incluían actuaciones tanto en telecomunicaciones, como en ferrocarril y carreteras. En el momento en el que se plantea este primer plan la Comunidad Europea estaba integrada por 12 países (Francia, Italia, Alemania, Bélgica, Holanda, Luxemburgo, Reino Unido, Dinamarca, Irlanda, Grecia, España, Portugal) y se negociaba la adhesión en 1995 de tres nuevos estados, Suecia, Austria, Finlandia.

En ese momento, existían considerables diferencias entre países, particularmente en lo que se refiere a dotación de infraestructuras. Así, en 1990 España, Portugal, Grecia e Irlanda presentaban los valores más bajos en lo que se refiere a dotación de carreteras, con valores, respectivamente, de 10, 3, 1 y 0,5 kilómetros de vías de alta capacidad por 1.000 km² de superficie del país frente a 50,4 o 54,6 que presentaban Holanda y Bélgica respectivamente (véase anexo tabla a1).

En materia de carreteras, la TEN recogía un primer plan con un horizonte que iba hasta el año 2002: se trataba de crear para el año 2002 una red transeuropea de 54.000 km, 37.000 de los cuales estuvieran en uso en el año 1992 y 12.000 se completarían para el año 2002. En 1992 el 70% del área de la UE estaba a menos de 40 km de línea recta de la red transeuropea de transportes y con la construcción de la red planeada en el primer TEN ese porcentaje se incrementaría hasta alcanzar un valor del 85% en el año 2002. Según las estimaciones de Gutiérrez y Urbano (1996) los países del norte no experimentarían mayor variación en el índice de accesibilidad, mientras que los países más periféricos como Grecia, Portugal e Irlanda serían los mayores beneficiarios, pues acercaría las regiones más periféricas a las más desarrolladas. Y en el ranking de las veinte regiones europeas peor situadas en los años 80, figuraban diez españolas (Valencia, Madrid, Alicante, Murcia, Córdoba, Granada, Sevilla, A Coruña, Málaga, Palma de Mallorca).

La evolución de los indicadores de km de autovía por cada mil km² de superficie de cada país, y km de autovía por cada mil habitantes (recogida en la tabla a1 del anexo de esta tesis) parece confirmar las previsiones: mientras que en los países más avanzados apenas se han experimentado cambios en las dotaciones (aunque siguen estando en la cabeza de las mejor dotadas) los países integrantes que en los años 80 estaban menos desarrollados como son España, Portugal, Grecia, Irlanda, se igualaron con los países mejor dotados de carreteras e incluso les superaron en términos de kilómetros de vías de alta capacidad por millón de habitantes.

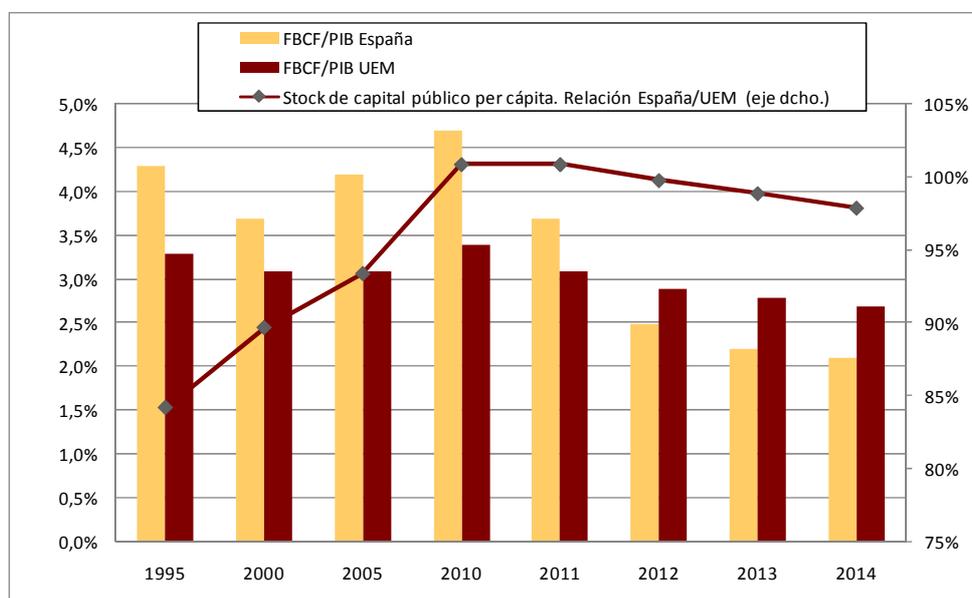
La ampliación de la Unión Europea, primero a 25 países y luego a 27, hizo cambiar los esfuerzos inversores y prestar mayor atención a los nuevos miembros, especialmente, Hungría, Eslovenia y Croacia que presentaban peores dotaciones de carreteras, mientras que el resto de países avanza hacia nuevos retos. En la actualidad la política de transportes en la UE se orienta a potenciar la intermodalidad, por ello, el diseño de la cual TEN-T se enfoca a la construcción de una red de nueve corredores que comprende toda una serie de actuaciones tanto en transporte de carretera como en ferrocarril y puertos de mar y aeropuertos, con el objetivo de reducir la congestión en las carreteras, disminuir las emisiones de los gases contaminantes y el efecto invernadero y mejorar la seguridad del transporte.

Aunque, como se acaba de comentar, muchas de las actuaciones a las que se dirige la actual política de transporte se centran en el desarrollo de los países del Este y del corazón de Europa, los países más periféricos siguen estando en el eje de actuaciones, como el caso de España, donde actualmente no es tan importante el objetivo de dotar al país de nuevas carreteras como el de aumentar la interoperabilidad ferroviaria mediante la construcción de nuevos ejes ferroviarios y el cambio al ancho de vía estándar UIC. Fruto de esta política, como se verá en el apartado siguiente, la inversión en la red ferroviaria gana peso, aunque no consigue alcanzar el peso, que aún así, sigue teniendo la inversión en carreteras.

2.2. El caso de España

El proceso de convergencia de España con el resto de Europa en lo que se refiere a dotación de infraestructuras se ve reflejada tanto en la evolución del volumen del stock de capital público per cápita como en el volumen de inversión pública destinada a la formación bruta de capital fijo que ronda valores en torno al 4% del PIB, un nivel que se ha mantenido desde los años 90 y supone un esfuerzo bastante superior a la media de la UE (figura 1.1).

Figura 1.1. Formación bruta de capital fijo en España y en la UEM y stock de capital público per cápita, 1995-2014

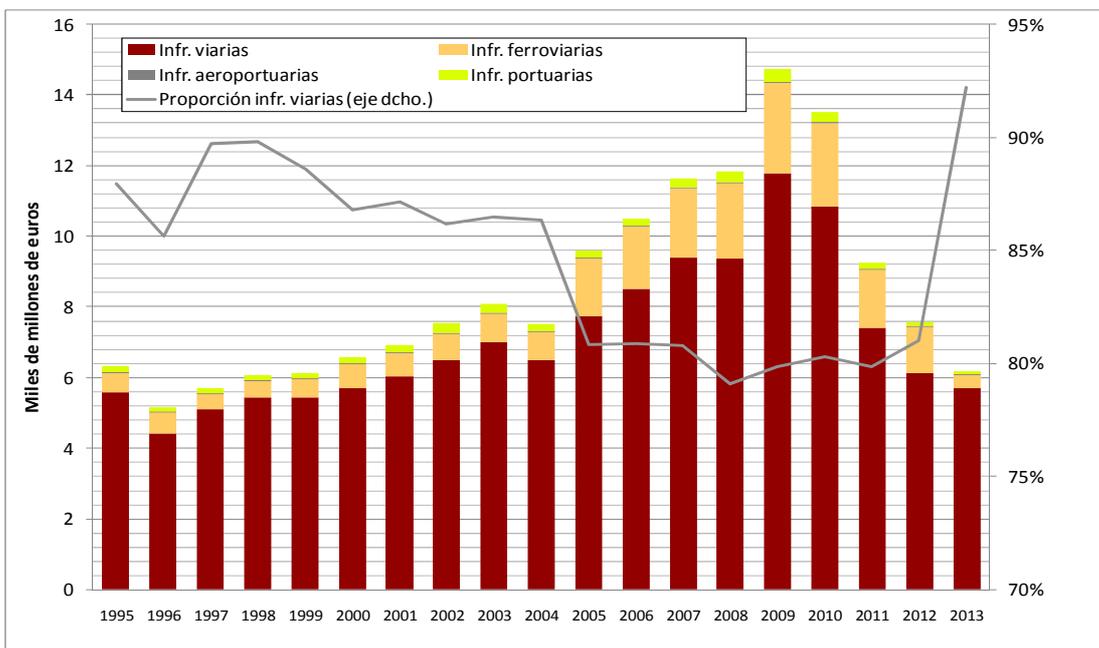


Fuente: elaboración propia a partir de datos del Banco de España y AMECO.

Según el Ministerio de Fomento las infraestructuras de transporte han sido las destinatarias de aproximadamente el 50% de la inversión pública total durante las dos últimas décadas. Tras esta tendencia subyace, como se ha comentado, un esfuerzo por superar la situación de déficit de infraestructuras del que adolecía España en los años 80, agravado además por la posición

periférica de España respecto a los centros de actividad y consumo europeos, lo que era considerado un inconveniente para el desarrollo de la economía española y la convergencia de las regiones. La integración europea, con la creación del Fondo de Cohesión y una mejora de los ingresos públicos en España en la última década expansiva de la economía española (primera década del siglo XXI) facilitó este proceso, en el que las infraestructuras viarias (carreteras y carreteras de alta capacidad) fueron las principales destinatarias de inversión pública, como puede apreciarse en la figura 1.2.

Figura 1.2. Inversión en infraestructuras de transporte en precios corrientes en España, 1995-2013

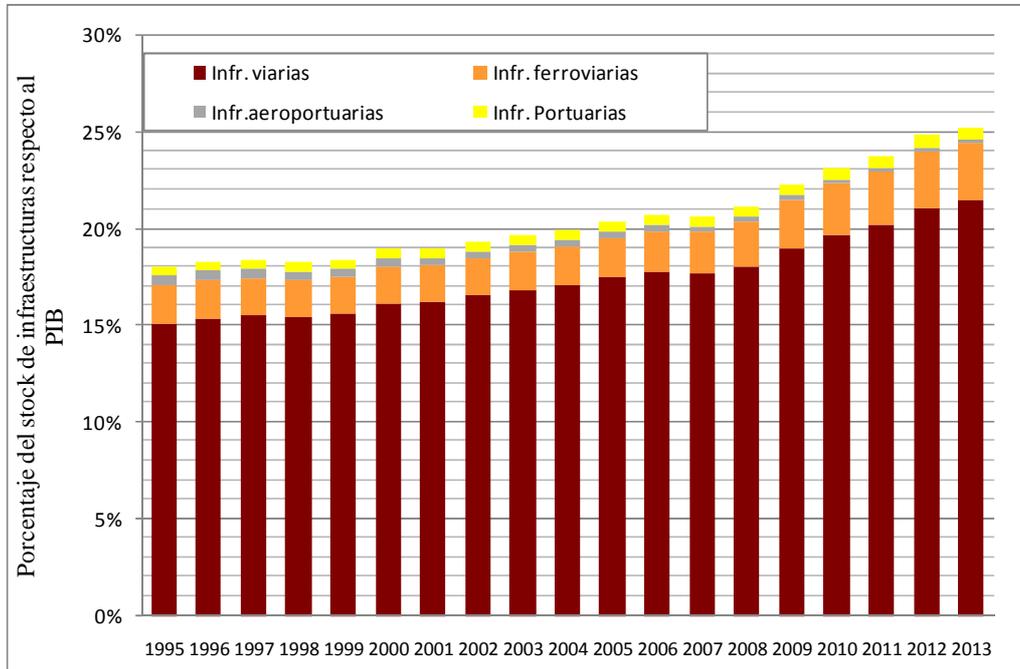


Fuente: elaboración propia a partir de datos del IVIE.

En el año 1995 el valor del capital de infraestructuras de transporte (puertos, aeropuertos, ferrocarril y carreteras) representaba el 18% del PIB. Ese valor se ha ido incrementando paulatinamente hasta representar el 25% del PIB en 2013.

Las carreteras son la principal partida, y representan aproximadamente el 85% del valor de las infraestructuras de transporte, a pesar del considerable incremento de la inversión de las redes viarias en la última década (figura 1.3).

Figura 1.3. Porcentaje que representa el stock de infraestructuras de transporte en España respecto al PIB, 1995-2013



Fuente: elaboración propia a partir de datos del IVIE.

Fruto de esa inversión, tanto en carreteras como en líneas ferroviarias, España pasa de ser uno de los países peor dotados respecto al resto de países integrantes de la Unión Europea a situarse por encima de la media europea, tanto cuando se ve el dato de dotación de carreteras en términos de kilómetros por habitante, como cuando se observa el número de kilómetros de carreteras por km² de superficie (figura 1.4) y más espectacular aún es el incremento en la red ferroviaria, particularmente de la alta velocidad (figura 1.5), la gran protagonista de la política de transporte en España en los últimos años, y un objeto de estudio y debate social y político en la actualidad (Albalate, 2011).

Figura 1.4. Evolución de la densidad de vías de alta capacidad en España y UE-15

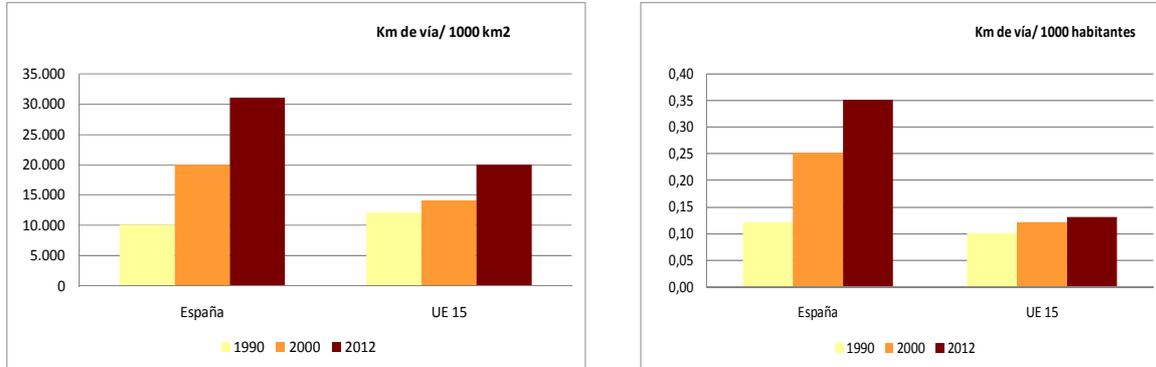
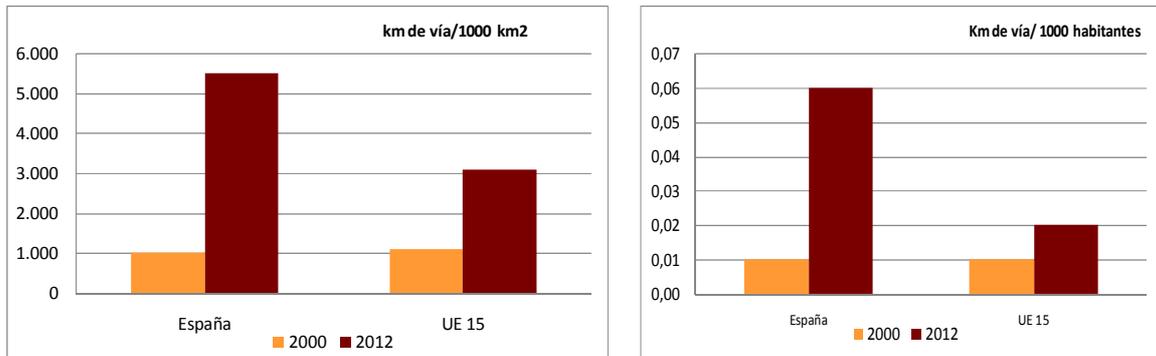


Figura 1.5. Evolución de la densidad de vías ferroviarias de alta velocidad en España y UE-15



Fuente: Ministerio de Fomento.

Esta inversión que se observa en las cifras descritas para el conjunto de España lleva a preguntarse sobre la distribución interna de esa inversión. ¿Se ha canalizado por igual a todas las regiones? o, por el contrario, ¿ha dotado de mejores comunicaciones a las regiones que tenían una peor dotación de infraestructuras?

La tabla 1.1 recoge, de forma ordenada descendientemente, el incremento en la densidad de carreteras de alta capacidad en cada región, esto es, el número de km de vías de alta capacidad por cada 1000 km² de superficie. El incremento en el número de kilómetros tanto absoluto como en relación a la extensión de la región, ha sido notable en todas las regiones, pero de una forma más intensa se ha producido en las regiones que tradicionalmente contaban con mayores problemas de accesibilidad e inicialmente peor dotadas, entre ellas Extremadura, Murcia, Galicia, Asturias y Cantabria. Ha de señalarse que estas comunidades sufrieron cierto retraso en alcanzar los niveles del resto de regiones pues, como puede observarse en la tabla a2 en el anexo, el mayor incremento en la dotación de vías de alta capacidad se produce a partir del año 2000.

Tabla 1.1. Red de carreteras de alta capacidad en las CCAA españolas, 1990 y 2015

	Área (km ²)	Longitud (km)		Densidad (km/1.000km ²)		Incremento Densidad 1990-2015
		1990	2015	1990	2015	
Extremadura	41.634	17	763	0,41	18,32	44,9
Galicia	29.575	141	1.175	4,77	39,74	8,3
Murcia	11.314	82	664	7,25	58,66	8,1
Cantabria	5.321	42	258	7,89	48,46	6,1
Asturias	10.604	80	467	7,54	44,04	5,8
Castilla y León	94.224	501	2.447	5,32	25,97	4,9
Baleares	4.992	42	190	8,41	38,19	4,5
Castilla-La Mancha	79.461	435	1.834	5,47	23,08	4,2
Andalucía	87.268	726	821	8,32	32,33	3,9
Total España	505.990	5.126	17.021	10,13	33,64	3,3
Comunidad Valenciana	23.255	561	1.441.	24,12	61,97	2,6
Aragón	47.719	330	836	6,92	17,52	2,5
Navarra	10.391	172	405	16,55	39,00	2,4
Madrid	8.028	472	991	58,79	123,45	2,1
Cataluña	32.113	838	1.588	26,10	49,47	1,9
País Vasco	7.234	359	617	49,63	85,29	1,7
Canarias	7.447	198	335	26,59	44,98	1,7
Ceuta y Melilla	33	1	2	30,30	46,97	1,6
Rioja, La	5.045	129	185	25,57	36,76	1,4

Fuente: elaboración propia a partir de datos del INE y del Ministerio de Fomento.

En lo que se refiere a la red ferroviaria, y en particular a la red de alta velocidad que ha sido el objeto de la política de transportes en los últimos años, prácticamente todas las regiones han visto incrementar su red viaria especialmente las vías de ancho UIC, que permite la circulación de trenes de alta velocidad, salvo en las comunidades comentadas, Asturias, Cantabria, Galicia, Extremadura, Murcia, que sufren de nuevo el retraso en la construcción de las infraestructuras demandadas en el momento, esto es la llegada de la alta velocidad a su territorio (véase tabla a3 en anexo).

Con esto surge de nuevo el debate sobre la necesidad - o no necesidad- de que todas las regiones dispongan de una similar dotación de infraestructuras y la cuestión planteada desde el inicio de la tesis ¿Qué supone la mejora de la dotación de infraestructuras para el crecimiento de las regiones? Hirschman (1958) argumentaba que el crecimiento de las regiones en un momento dado permite el crecimiento de la economía que luego da lugar a inversiones que reducen las disparidades con otras regiones, esto es, habría una posible transmisión interregional del crecimiento que llevaría a la convergencia. De la Fuente (2008), en su estudio sobre la contribución de la inversión en infraestructuras productivas al crecimiento del producto y el empleo en España y sus regiones, concluía que la inversión en infraestructuras había contribuido de forma significativa a la convergencia en renta per cápita de las regiones.

Puesto que la mayor parte de la inversión en infraestructuras de transporte, como se ha argumentado anteriormente, se ha materializado en la inversión en vías de carretera- y sólo en los últimos años se ha prestado atención a la red ferroviaria y, en particular, a la red de alta velocidad- se hace interesante llevar a cabo un análisis ex post, minucioso, de los cambios que ha supuesto para un territorio el poder disponer de un eficiente red de infraestructuras de carretera.

Y se hace interesante, además, hacerlo además desde una óptica regional e incluso local, pues como señala Banister y Berechman (2001) no todos los proyectos tienen los mismos impactos, por lo que es necesario llevar a cabo más investigaciones a nivel local que aporten evidencias de los patrones que se pueden repetir en diferentes casos. Por ello esta tesis plantea realizar un análisis de una región en concreto, en este caso Asturias, región en la que, como se explica a continuación, la inversión en infraestructuras ha sido históricamente demandada como una condición casi imprescindible para el desarrollo de la región.

3. Un caso concreto de estudio dentro del noroeste peninsular: Asturias

El Principado de Asturias constituye un ejemplo paradigmático para analizar los efectos que puede tener la construcción de una red de carreteras por las expectativas generadas sobre su papel para el desarrollo de la región. El carácter montañoso y la difícil orografía de esta

provincia (más del 80% de la superficie regional superan una pendiente media del 20%) fue uno de los condicionantes tradicionales de la dificultad para dotar a la región de una red eficiente de infraestructuras, pese a haber sido una de las regiones de mayor industrialización española durante buena parte del siglo XX.

Aunque los problemas que acarrea para el desarrollo de la región ese carácter periférico y la dificultad para comunicarse con las provincias vecinas ya era un problema advertido por Jovellanos en el siglo XVIII, a finales del siglo XX el problema de las malas comunicaciones de la región persistía. Durante los años 70 y 80 diversos economistas (Nadal, 1975; Vázquez, 1989, entre otros) insistieron una vez más sobre los inconvenientes que suponía para el desarrollo económico la situación periférica de las economías de la Cornisa Cantábrica respecto a los principales ejes y centros de crecimiento económico, agravado por el hecho de que la red nacional de carreteras, diseñada como un sistema radial con eje en Madrid, había dejado al noroeste peninsular, con la única excepción del País Vasco, entre las zonas peor comunicadas de España (Serrano Martínez, 2001).

Una dotación de infraestructuras insuficiente, y en algunos casos inadecuados a las exigencias del desarrollo económico, comportaba el riesgo de que esta zona de la Península Ibérica se diferenciase progresivamente y de una forma negativa del resto de regiones, al desincentivar la generación de nuevos proyectos e iniciativas empresariales (Castells et al. 1994).

Las propias características del territorio hacían difícil y costosa la construcción de vías de comunicación. Algunas estimaciones lo cifran en 300.00 euros por kilómetro⁷. Más en el caso de Asturias, y también en buena parte de la región vecina, Cantabria, donde la Cordillera Cantábrica actuaba como una barrera natural que dificultaba las comunicaciones y hacía difícil y cara la construcción de nuevas vías. Este hecho era constantemente señalado como un grave problema para la conexión externa de la región pues dificultaba el acceso de las producciones regionales a los mercados nacionales, limitando así las posibilidades de consolidación y crecimiento de la economía regional.

3.1. Asturias: contexto socio-económico

No cabe aquí describir de forma detallada los datos característicos de la economía regional, ni tampoco de sus recursos naturales, humanos y de capital, pues no es el objeto de esta investigación y detallada cuenta de ella se da en los diferentes Planes de Desarrollo Regional y

⁷ Resulta complicado encontrar el coste de construcción de un km de autovía por Comunidad Autónoma. La tesis de Jose Manuel Vassallo Magro (1999), estimaba para el año 1999 que el coste medio de construcción de un kilómetro de autovía en Asturias era de 360.000 euros y en torno a 270.000 el de vías de doble calzada frente a los 240.000 euros que costaba un km de autovía y 150.000 euros en carreteras de doble calzada en otras Comunidades con orografía más sencilla como Castilla y León, Castilla La-Mancha o Extremadura.

las estrategias de desarrollo⁸ de esta región, pero sí es deber en esta tesis comentar algunos hechos estilizados de la economía regional.

Asturias cuenta con una superficie de 10.604 miles de km², apenas ocupa un 2% de la superficie total de España. Concentra en la actualidad el 2% de la población española y tiene un escaso peso en el conjunto de la economía nacional pues, en 2015, aporta el 2% del Producto Interior Bruto del total de la economía española. Se sitúa en la duodécima posición en el ranking de comunidades autónomas que más aportan a la economía nacional y sólo está por encima de regiones como Navarra (peso 1,7%), Extremadura (1,6%), Cantabria (1,1%), La Rioja (0,7%), Ceuta (0,2%) o Melilla (0,1%).

El peso de la región en la economía española es pequeño, pues actualmente no supone más del 2,1% del total del PIB y del 2,2% de la población en España, y parece que la tendencia de la región en los últimos veinte años ha sido perder peso paulatinamente en el contexto nacional (véase tabla 1.2).

Tabla 1.2. Indicadores básicos de la economía asturiana y posición respecto a España

	1996		2006		2015	
	Asturias	% sobre total España	Asturias	% sobre total España	Asturias	% sobre total España
Población	1.087.885	2,7	1.076.896	2,4	1.051.229	2,2
PIB*	11.069.723	2,5	14.266.600	2,2	21.594.520	2,1

Fuente: elaboración propia a partir de datos del INE.

*PIB, miles de euros, a precios corrientes según INE: serie homogénea 2000-2015 y serie 1986-2006

Como señalaban Juan Vázquez y Ramiro Lomba (2000) esta región se ha configurado en las últimas décadas en “uno de los ejemplos más paradigmáticos en toda Europa de región de tradición industrial en declive”, no en vano, pues, en ella, durante las últimas décadas del siglo XX, se hacían patentes algunos de los rasgos que definen las viejas regiones industriales: concentración de la actividad industrial en un pequeño número de sectores que, además, presentan problemas de competitividad (en concreto, minería del carbón, acero, industria naval, metalurgia); dificultades para alcanzar la diversificación de la estructura económica de la región; escaso desarrollo de un potente tejido empresarial y fuerte presencia de grandes empresas de carácter principalmente público. A estos rasgos se une el rasgo específico de que la región encara estos problemas con cierto retraso respecto a otras regiones que presentaban problemas similares y lo tiene que hacer, además, en un período más corto de tiempo (Castells et al. 1994).

⁸Referencias detalladas de esta región e indicadores de la misma se puede encontrar en el Plan de Desarrollo Regional de Asturias (2000-2006) o en el Programa Operativo Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) de Asturias 2014-2020.

Cuando España firma su tratado de adhesión a la Unión Europea, 1986, estas debilidades que presentaba se hacen aún más patentes. La brecha existente entre el crecimiento regional y el nacional y el resto de las regiones europeas era notable y crecía paulatinamente. En ese momento la renta per cápita de la región estaba muy por debajo de la media comunitaria, y presentaba problemas estructurales fruto de su especialización productiva. La Unión Europea categoriza Asturias como región objetivo 1, esto es, forma parte del conjunto de regiones que presentan mayores problemas estructurales y para intentar resolverlos, como se comentará más adelante, necesita llevar a cabo ajustes en sus sectores productivos; como compensación a estos ajustes recibe la ayuda de los instrumentos financieros puestos por la Unión Europea a disposición de la política de desarrollo regional, principalmente FEDER y Fondos de Cohesión.

En ese proceso de ajuste en el que se vio expuesta, Asturias sufre un duro proceso de reconversión, consecuencia del cual pasó de considerarse un paradigma de región industrial a ser el paradigma de una vieja región industrial en declive. Como consecuencia ve menguado el peso de su sector industrial, especialmente en términos de empleo, con una pérdida absoluta de más de 36.000 empleos en veinticinco años, pasando de tener 88.587 empleos en industria en el año 1990 a tener 52.147 empleos en 2015, según las estimaciones de SADEI.

Sin embargo, pese al enorme ajuste que ha vivido el sector industrial, la comunidad autónoma mantiene en la actualidad una importante participación industrial en su estructura económica: genera un importante número de empleos y aporta más de 3.300 millones de euros al PIB regional, con un valor añadido por empleo superior a otros sectores.

La tabla 1.3 refleja, con cifras, el peso que cada sector tiene en la contribución al Producto Interior Bruto y al empleo en Asturias y en España, desde una óptica histórica.

Tabla 1.3. Distribución sectorial del PIB y del empleo en Asturias y en España, 1996, 2006, 2012

	1996		2006		2012	
	Asturias	España	Asturias	España	Asturias	España
% VAB						
Agric.y Pesca	2,8	3,7	1,9	2,6	1,7	2,3
Industria	24,7	24,9	25,2	18,6	20,9	15,9
Construcción	10,0	8,3	12,6	11,7	6,5	6,1
Servicios	62,5	63,1	60,3	67,1	70,8	75,7
% Empleo						
Agric. y p	1,1	3,3	3,9	2,5	4,2	4,0
Industria	28,6	24,1	16,8	16,6	15,0	12,6
Construcción	9,0	8,8	12,9	12,9	7,2	6,3
Servicios	61,3	63,8	66,4	68,0	73,5	77,1

Fuente: elaboración propia a partir de datos de la Contabilidad regional (serie homogénea 2000-2015) (serie 1980-1996 para los datos de 1996).

En esta tabla se observa la característica ya comentada del carácter industrial de la región que se refleja en el peso que ha tenido este sector en la generación de Valor Añadido Bruto, siempre con importancia superior en Asturias que en el conjunto nacional. No obstante, el peso de este sector ha caído de forma considerable a partir de los años 90 como consecuencia de ese fuerte ajuste comentado y consecuentes procesos de reconversión de la industria asturiana.

El sector primario de la región tiene una baja productividad, reflejado en el porcentaje de empleos y el escaso peso de esta actividad en el VAB regional. Condicionado por una orografía de fuertes pendientes y un clima atlántico, el minifundismo, el predominio de la pequeña explotación ganadera, ha sido, junto al industrial, un sector muy afectado por la integración europea, derivado de la especialización del sector en producciones de leche y de carne de vacuno, una de las producciones más expuestas a la competencia y a la normativa europea. Como consecuencia de la aplicación de las normativas, las cuotas lácteas, los precios de intervención y las ayudas compensatorias han marcado en buena parte el comportamiento del sector agrario en las últimas décadas (Pañeda, 2004). Al igual que el sector industrial, no ha dejado de perder peso en Asturias tanto en términos de contribución al valor añadido bruto, como en términos de empleo, que pasa de emplear 64.678 personas en 1990 a 14.596 en 2015.

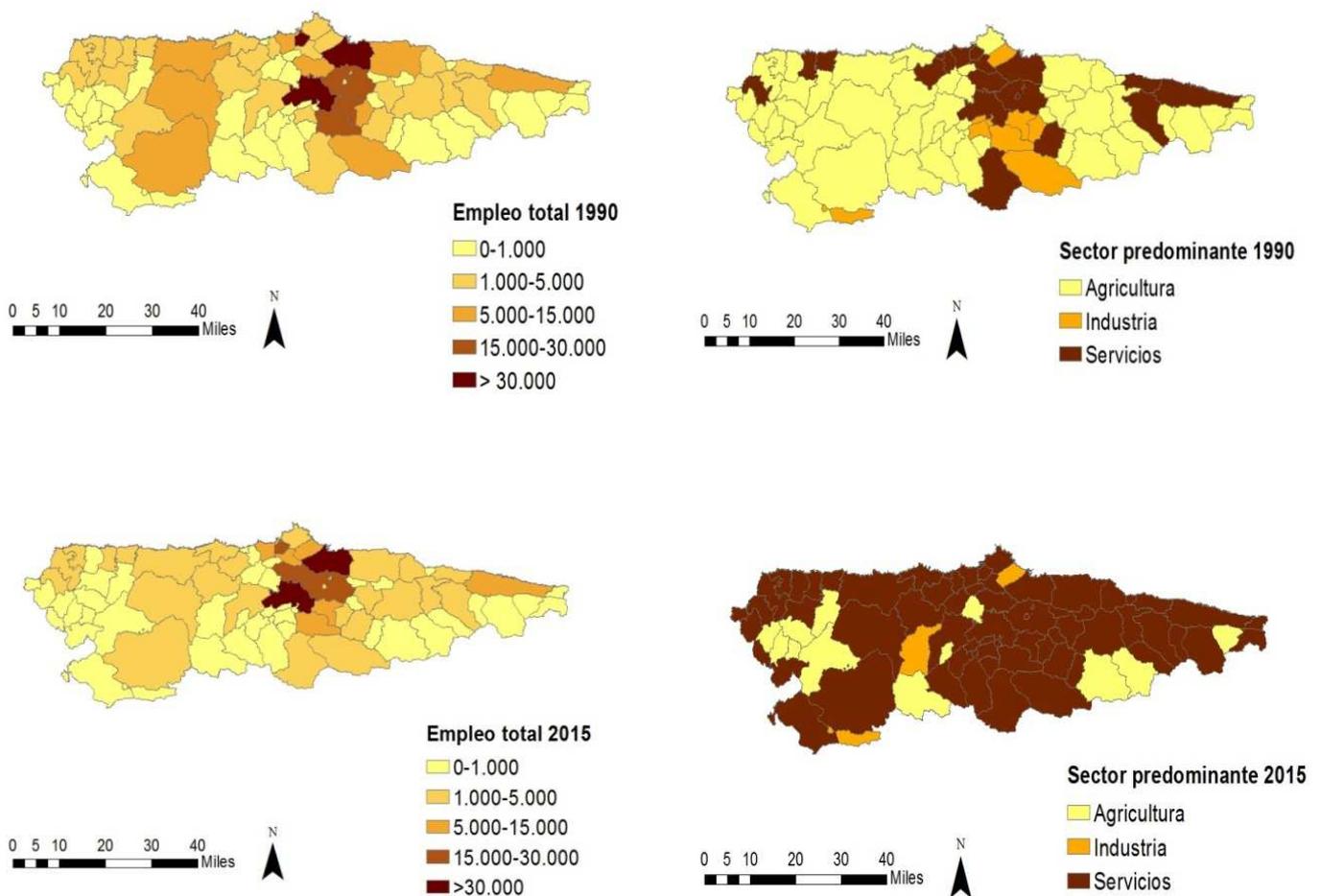
El sector servicios, por su parte, no contaba en los años 90 en Asturias con una participación similar a la que alcanzaba en la media española. Sin embargo, su peso se ha ido incrementando en los últimos años, fruto también del declive del sector agrario e industrial. Este sector ha sido el único (junto a la construcción durante la primera década del actual siglo) capaz de generar empleo y pasó de emplear 196.391 personas en 1990 a emplear en la actualidad 276.328 personas (el 75% de los empleos están actualmente en el sector servicios, frente al 50,93% de los empleados en este sector en 1990).

No obstante, ya en los años 90, este sector presentaba un potencial de desarrollo muy aprovechable en diversas áreas (ocio, cultura, educación, sanidad..) relacionados con la calidad de vida de la región y servicios avanzados de información y comunicación. En esta línea, Martínez y Rubiera (2001) hacían hincapié en el importante valor estratégico de los servicios a empresas, especialmente los servicios avanzados a empresas. Siguiendo el argumento de Fernando Rubiera (2005) los servicios avanzados a empresas tendrían una considerable importancia tanto por su valor directo como por el efecto indirecto que ejercen sobre las empresas que los contratan y sobre las decisiones de localización-atracción de nuevas inversiones. Sin embargo, el desarrollo de nuevas tecnologías de información y comunicación permiten cada vez con mayor facilidad la prestación a distancia de ciertas actividades, y como constata se generó una pérdida de la demanda local de estas actividades que fue atraída por empresas de otras regiones.

Finalmente, el sector de la construcción ha tenido un comportamiento cíclico, gana peso en la primera década del siglo XXI, y llega a ocupar un máximo de 50.252 personas en el año 2006. Dentro de las dos grandes categorías, la residencial y no residencial, este trabajo se centra en el no residencial, pues gran parte de la actividad de la construcción ha venido de la inversión en infraestructuras, como se verá en el capítulo siguiente.

La integración en la Unión Europea ha marcado en buena parte el funcionamiento y desarrollo de los sectores productivos básicos de la región (carbón, acero, naval, producción leche) afectando con ello a la estructura económica de la región que refleja la figura 1.6. Asturias pasó en veinte años de ser una región donde más del 50% del empleo en cada municipio se ocupaba en el sector agrario, a ser el de servicios el empleo que predomina en prácticamente todos los municipios, incluso en la zona centro-interior, las cuencas mineras, caracterizadas por el número total de empleos que ocupaban en el sector industrial

Figura 1.6. Distribución espacial del empleo por sectores en Asturias, 1990 y 2015



Fuente: elaboración propia a partir de datos de SADEI.

En particular, en el caso de Asturias, una gran parte de la ayuda recibida como contraprestación por los ajustes en el sistema productivo que tuvo que encarar⁹ se destinaría a resolver otro de los rasgos que ha caracterizado la estructura económica y social de Asturias, el problema de la falta de infraestructuras adecuadas y los desequilibrios espaciales internos. A su situación periférica se unía el hecho de contar con grandes diferencias dentro de la propia región, que se manifestaba en una tradicional división entre el centro y la periferia, un centro metropolitano de pasado industrial y crecimiento urbano -que presentaba además ciertos problemas medioambientales derivados de la explotación industrial- y la zona rural, con problemas seculares de conexión con el área central.

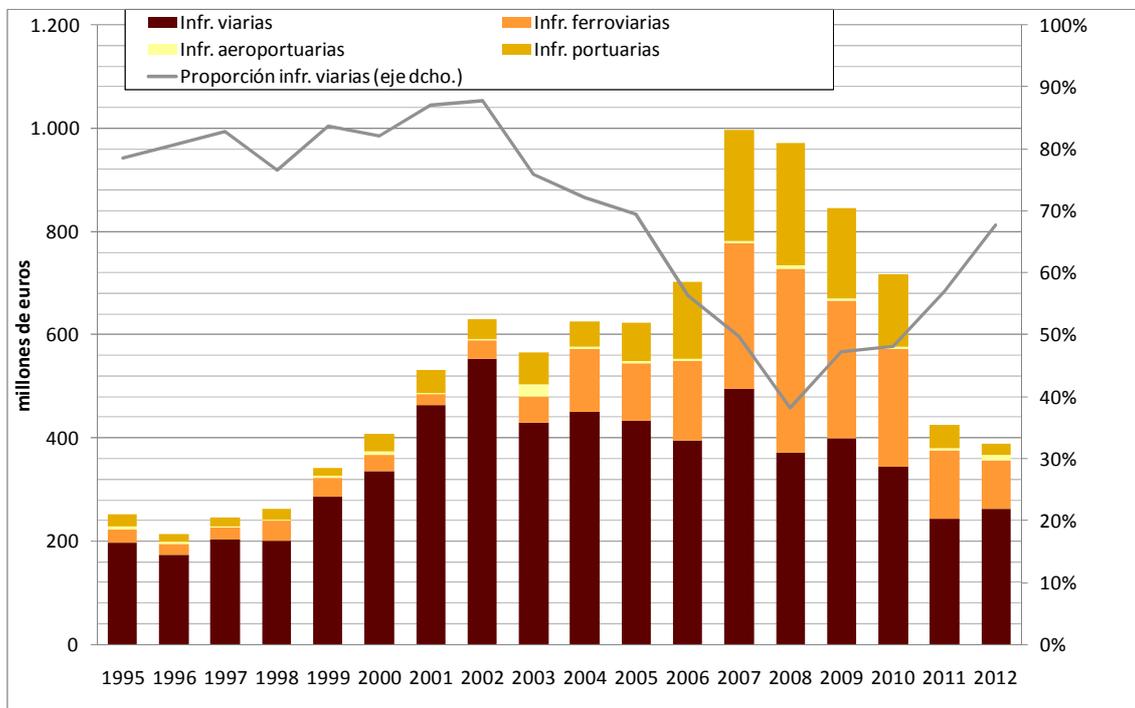
3.2. La evolución de la dotación de infraestructuras en Asturias

Como se ha comentado antes, la mejora de las infraestructuras ha sido uno de los grandes objetivos de la política de desarrollo regional en las últimas décadas, y con especial interés en Asturias, pues en ella se veía la oportunidad de resolver algunos de los males endémicos de la región como era su posición periférica alejada de los polos de crecimiento y su escasa dotación de infraestructuras que vertebraran la región¹⁰. Por ello, al igual que en el conjunto de España, la mejora de las infraestructuras de transporte en Asturias se canalizó hacia la mejora en la red viaria y sólo a partir de mediados de la primera década del siglo XXI se experimentó un incremento sustancial de la inversión en puertos y vías ferroviarias, una inversión que se frena a partir del 2010 como consecuencia de la grave crisis económica y financiera en los que en esos años se ve inmerso el país (figura 1.7).

⁹ Según el FEDEA, del total de Fondos Europeos que recibiría Asturias en el período 1989-1993, el 47% de los mismos se destinarían a mejorar las infraestructuras de transporte, mejorando carreteras locales y una dotación eficiente de autovías.

¹⁰ Una de las cuestiones debatidas en torno a la efectividad de las ayudas destinadas a mejorar la red de infraestructuras, era si el desarrollo de la red reduciría el exceso de demanda de infraestructuras entonces existente. En las encuestas llevadas a cabo en ese momento, el 92,9% de las respuestas eran afirmativas. Completado el primer plan de ayudas, 1989-1993, dicho porcentaje disminuyó hasta un 41,4%., Hernández et al. (1995).

Figura 1.7. Evolución de la inversión en infraestructuras de transporte en Asturias según modalidad



Fuente: elaboración propia a partir de datos del IVIE

En 1986 se elaboraba el primer plan de carreteras del Principado de Asturias, amparado en la idea comúnmente extendida de que “el desarrollo regional depende en gran medida del logro de una infraestructura viaria capaz de acercarnos al exterior y comunicarnos entre nosotros mismos” (Plan Regional de Carreteras, 1986). En él se exponía que las infraestructuras viarias en Asturias tradicionalmente habían evolucionado por detrás de las necesidades demandadas por el sistema productivo, significando un freno importante al progreso de la región y originando fuertes desequilibrios internos. Además argumentaba que tan malo como no disponer de una infraestructura podían ser los efectos de construir una infraestructura viaria no adecuada.

Dos razones principales avalaban la necesidad de ese primer plan de carreteras en Asturias: en primer lugar, el traspaso de competencias del Ministerio de Obras Públicas (MOPU) al Principado de Asturias y la asunción, por parte de la Comunidad Autónoma, de la red que gestionaba la antigua Diputación. Esto suponía para el Principado de Asturias tener la gestión de 4.279 km. de carreteras, casi la mitad de la red de la que disponía entonces. En segundo lugar, el MOPU en ese mismo momento elaboraba un Plan General de Carreteras, que planificaba las

actuaciones previstas para los años siguientes, y era necesaria una coherencia con las actuaciones posteriores de la Administración Autonómica.

En 1994 fue aprobado el denominado II Plan Regional de Carreteras 1994-2001, que en realidad era una segunda fase del I Plan regional 1986-1991, modificado tras la redacción de un documento denominado *Estrategia de Carreteras para Asturias. Propuestas de Actuación 1996-2000*. Este documento, con efectos internos de Plan, recogía las nuevas tendencias sobre la red de carreteras del Principado y definía un modelo diferente de articulación territorial, que concentró las inversiones de carreteras en la zona central en detrimento de las alas regionales.

La posibilidad, a partir de 1998, de contar con financiación adicional con origen en los denominados “Fondos Mineros” para la reactivación de las comarcas mineras, centrales y periféricas en crisis, hizo también que surgiera un nuevo panorama de planificación en cuanto a las mayores posibilidades de inversión y se plantearon obras no contempladas en este documento de “Estrategias de Carreteras”, como son la prolongación de Corredor del Nalón (AS-17) hasta Tarna, el tramo de Cangas del Narcea a Leitariegos (AS-213) y, sobre todo, la autovía Mieres-Gijón (AS-I) que supondrá un vuelco total en el esquema de comunicaciones viarias en el Área Central de Asturias.

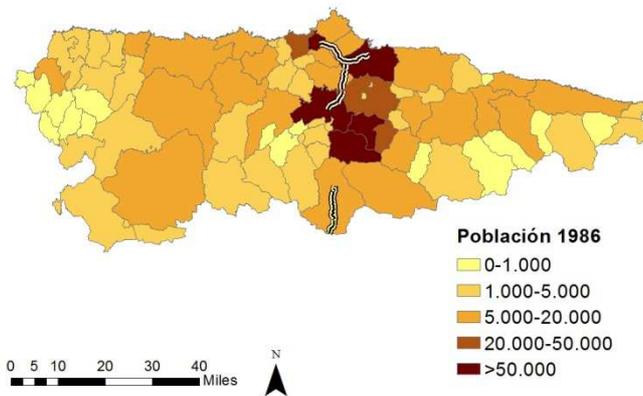
El Plan Autonómico de Carreteras 2000-2010 dio continuidad a esas inversiones. La principal actuación en materia de carreteras que se preveía por la Administración Central en Asturias era la conversión de autovía del itinerario de conexión por la costa entre Cantabria y Galicia a través de la Autovía del Cantábrico. No obstante, desde que se inició la construcción de la Autovía del Cantábrico a mediados de los años 90 hasta el último tramo abierto de la autovía a finales de 2014 transcurrieron 20 años para conseguir finalizar la construcción de esta autovía, posibilitando la conexión íntegramente por autovía de las regiones del norte de España entre sí y con los países vecinos, Francia y Portugal.

También se contemplaban dos ramales que conectaron Gijón y el área interior asturiana enlazando con la A-8 en Lieres. Entre las restantes actuaciones correspondientes al Estado en el Principado, cabe destacar las correspondientes al área de Oviedo y en especial una nueva autovía, Oviedo-Salas-La Espina (A-63), que daría una unión al centro de la región de los municipios del occidente más próximos a través de autovía.

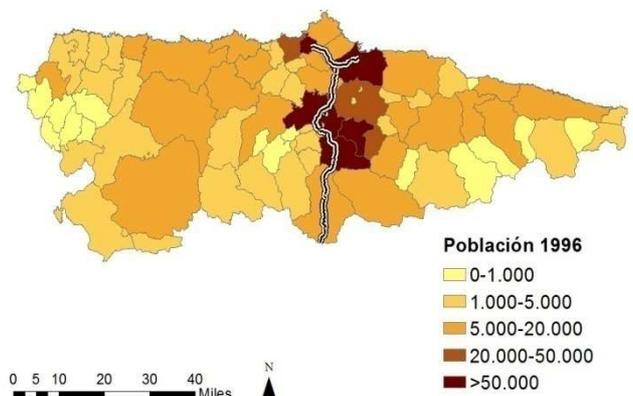
La consecuencia de todas estas inversiones fue un incremento en la dotación de vías y consecuentemente un cambio en la articulación territorial, como se puede observar en la figura 1.8 que muestra la evolución de red de autovías en Asturias. Fruto de dicha articulación quedó garantizada la conexión de los municipios asturianos de norte a sur y de este a oeste, sin embargo dejó las zonas interiores del oriente y del occidente en una posición de desventaja y condicionando, hipotéticamente, el desarrollo de estas zonas.

Figura 1.8. Red de autovías y distribución territorial de la población en Asturias

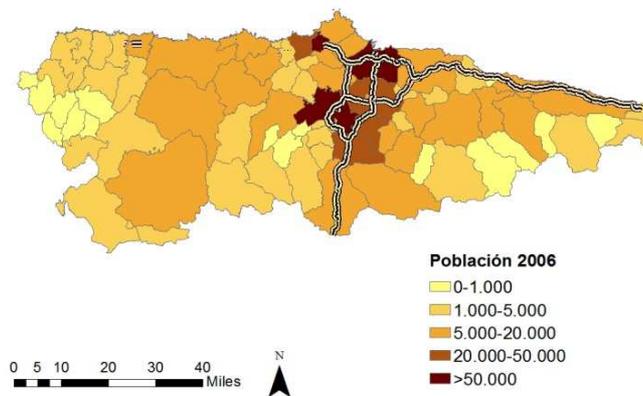
Red de autovías y distribución de la población en 1986



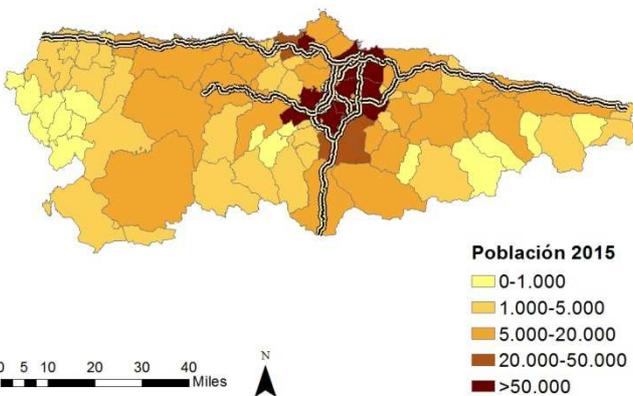
Red de autovías y distribución de la población en 1996



Red de autovías y distribución de la población en 2006



Red de autovías y distribución de la población en 2015



Fuente: elaboración propia a partir de datos del padrón municipal (INE).

Como advierte Meijers (2012), el desarrollo de una nueva infraestructura de transporte que conecta el centro urbano y las áreas periféricas puede llevar a diferentes patrones de desarrollo entre sectores de actividad y también grupos de población dentro de una misma región. Por ello, para entender el impacto económico y social de las infraestructuras la literatura ha señalado la importancia de conocer los detalles demográficos y sectoriales de los que un territorio parte.

En el caso de Asturias, uno de los rasgos que ha definido tradicionalmente la región ha sido el carácter rural de buena parte de sus municipios. Recuérdese que, como se explicaba en el apartado anterior, en los años 90 más de la mitad de sus municipios tenían la mayor parte de su empleo ocupado en el sector agrario, por los usos del suelo y la densidad de población eran considerados municipios rurales.¹¹

El concepto de accesibilidad pasó de no ser un indicador importante a la hora de definir un municipio como rural o urbano a ser un concepto clave (Brezzi et al. 2011), pues la distancia a diferentes posibilidades como son los recursos educativos, sanitarios o socioculturales puede jugar un papel clave para mantener los niveles de población y de empleo en las zonas rurales. Con el fin de tener en cuenta este hecho se ha establecido una clasificación estándar recientemente aplicada por Eurostat que diferencia los municipios rurales entre remotos y accesibles en función del tiempo de viaje conduciendo a una ciudad. El estándar de tiempo de viaje entre municipio rural y ciudad para Europa se fija en 45 minutos y el umbral mínimo de población para hablar de ciudad se debate entre 50.000 o 100.000 habitantes.

Siguiendo el criterio estricto de densidad de población, en 2015, en Asturias habría 12 municipios urbanos y 66 rurales. Si se añade el concepto de uso del suelo la clasificación no varía mucho pues esos 66 municipios rurales cuentan con un 90% de su suelo ocupado por coberturas naturales según los datos de superficie de uso del suelo de la Consejería de Medio Rural y Pesca, explotados por SADEI. La situación es similar en 1996. Sin embargo los datos de tiempos de viaje entre municipios han cambiado significativamente, como se verá de una forma detalla en el capítulo IV.

Las figuras 1.9 y 1.10 reflejan, respectivamente, la clasificación de municipios como remotos o accesibles según la clasificación de Eurostat que tiene en cuenta el tiempo de acceso a una ciudad. Del análisis de los cambios en los tiempos de viaje entre municipios asturianos se deduce la importancia de la red de infraestructuras para que municipios que en 1996 se

¹¹ La OCDE (1994) clasifica los municipios en urbanos o rurales en función de la densidad de población: aquellos con una densidad de población inferior a 150 habitantes km² son considerados rurales. Vard et al. (2005) añaden a la restricción de la densidad de población la condición de que al menos el 90% de su superficie está cubierta por bosques, dedicada a usos agrícolas, prados, pastizales, es decir, es cobertura natural.

consideraban rurales remotos ahora sean considerados rurales accesibles, al situarse más cerca de las dos grandes ciudades, Oviedo y Gijón¹².

Figura 1.9. Clasificación de los municipios asturianos en función de la distancia a ciudad y uso del suelo en 1996

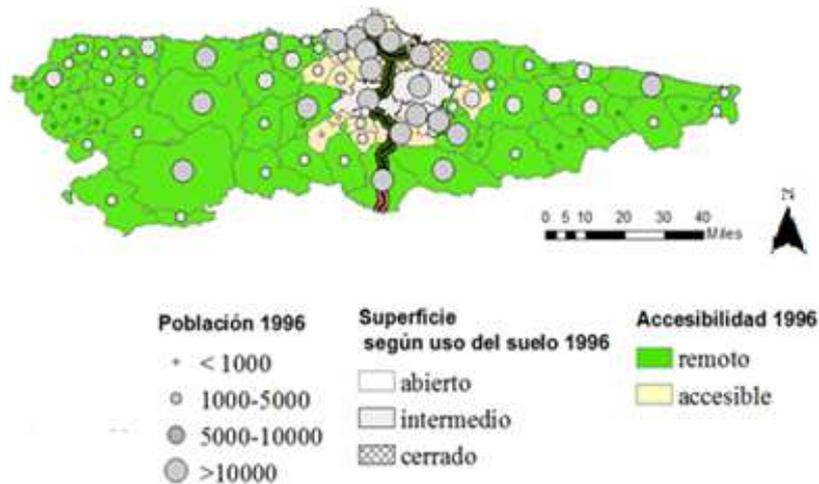
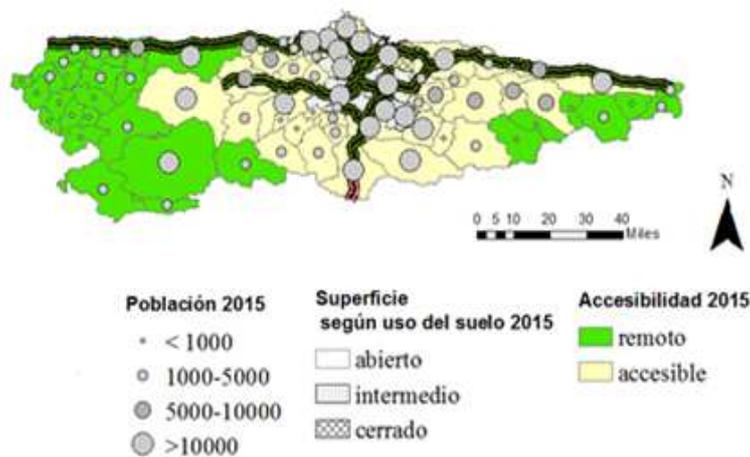


Figura 1.10. Clasificación de los municipios asturianos en función de la distancia a ciudad y uso del suelo en 2015



Fuente: elaboración propia

¹² Los tiempos de viaje han sido calculados entre capitales de municipios asturianos utilizando la herramienta Matriz Origen-Destino Arcgis con la red de carreteras de 1996 y 2015. Puesto que Asturias es una región con una población dispersa dentro de los propios municipios, se ha hecho el mismo cálculos entre parroquias. No se han encontrado grandes diferencias entre hacer el análisis por parroquias y hacerlo entre capitales de municipio.

En 1996 el 24% de la población asturiana vivía en municipios rurales remotos, esto es, se tardaba más de 45 minutos en llegar a una ciudad de más de 100.000. En 2015 el porcentaje de población que habita en municipios remotos se reduce al 7%, aunque sigue siendo una parte importante de municipios (29) los que tienen la consideración de remotos y son precisamente estos los aquejados por mayores problemas de envejecimiento (véase tabla 1.4).

Tabla 1.4. Porcentaje de población, número de municipios e índice de envejecimiento según la clasificación de municipio

	1996			2015		
	nº mun	% población	Índice envejec.	nº mun	% población	Índice envejec.
Rurales remotos	54	24%	182,65	29	7%	307,95
Rurales accesibles	12	4%	155,61	37	18%	259,27
Resto municipios	12	71%	129,46	12	75%	187,25
Asturias	78	100%	143,41	78	100%	206,00

Fuente: elaboración propia

En este cambio dos fenómenos contrapuestos han intervenido: por una parte, el persistente éxodo rural que sufren la mayor parte de los territorios rurales, y, por otro, la mejora de la red de carreteras que ha contribuido a mejorar la accesibilidad de la mayor parte del territorio, y a que municipios que antes eran considerados como rurales remotos se hayan convertido en accesibles.

La pérdida de población se cebó en los municipios rurales, más en los menos accesibles, pues de las 36.656 personas que perdió Asturias, más de la mitad, 19.632, se fueron de los 29 municipios que en 2015 siguen estando a más de 45 minutos de una gran ciudad, lo que representa el 27% de su población. Por el contrario, los 12 municipios no rurales de Asturias ganaron 8.542 habitantes. Los municipios rurales que cambiaron de ser clasificados como remotos a clasificarse como accesibles también habrían perdido población, 24.371 personas, pero es un porcentaje bastante más reducido que en el caso de los remotos (en torno al 14% de su población).

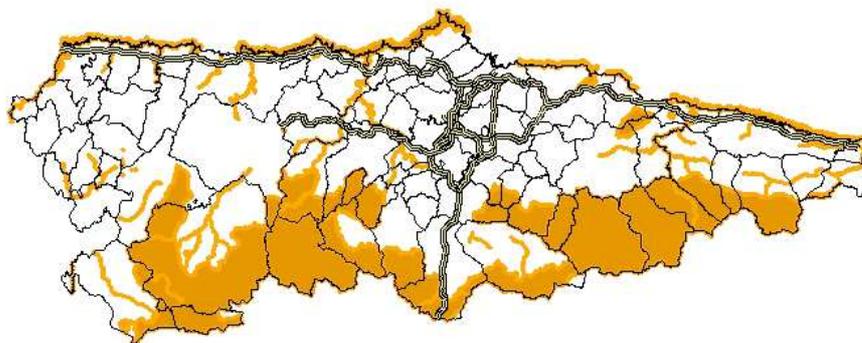
Las proyecciones de población calculadas para los municipios a partir de las proyecciones de población del INE para 2029 (Alonso et al. 2016) revelan que serán estos municipios remotos los más aquejados por la pérdida de población en los quince próximos años, suponiendo en la mayor parte de los casos una disminución de más del 30% de su población. Todo apunta a que se encuentran sumidos en un círculo vicioso del despoblamiento, esto es, menos población, umbral de población más bajo, menos servicios, menos atractivo, menos oportunidades de empleo, y de nuevo menos población. Aun siendo la pérdida de población y envejecimiento dos

males que acechan a toda la región en los últimos años, cada vez es mucho más grave en los municipios rurales remotos.

La mejora de las infraestructuras ha contribuido innegablemente a integrar la mayor parte de los municipios asturianos más alejados con los centros más dinámicos y poblados de la región. Cada vez son menos los municipios considerados como remotos, pero también es mucho menor el número de personas que habitan en estos municipios y mayor el índice de envejecimiento, entendido este índice como el porcentaje que representa la población mayor de 64 años sobre la población menor de 16 años.

Actualmente, la inversión en infraestructuras de alta capacidad parece ya no ser un instrumento con el que poder actuar sobre el desarrollo de la región, tanto por el alto coste que conlleva como por el impacto ambiental que supone la construcción de nuevas vías. La Figura 1.11 representa en amarillo la superficie de la región declarada actualmente como LIC, esto es, lugares de interés comunitario por sus por su potencial contribución a restaurar el hábitat natural, incluyendo los ecosistemas y la biodiversidad de la fauna y flora silvestre. Prácticamente todo el sur de la región y franja costera actualmente está bajo la protección de esta figura que se ha de tener en cuenta de cara a llevar cualquier actuación sobre el terreno.

Figura 1.11. Red de autovías y espacios declarados LIC en Asturias 2015



Fuente: elaboración propia a partir de datos del Ministerio de Medio Ambiente

Sin embargo, la política de inversión en carreteras, aunque se considerase ahora un instrumento ya poco apropiado para incidir sobre el desarrollo, tiene el interés de haber sido un instrumento con el que se ha logrado integrar el territorio. Analizar los efectos que ha tenido permitirá llegar a conclusiones sobre la efectividad que ésta ha tenido como política de desarrollo regional, al menos para un caso particular, que es el de Asturias, y en unos temas específicos sobre los que se basa el análisis: la accidentabilidad, la accesibilidad y los efectos sobre otros sectores de la economía.

4. Conclusiones

En esta capítulo se ha contextualizado el desarrollo de la red de infraestructuras viarias en Asturias dentro del marco europeo y nacional durante las últimas décadas.

España, al igual que otros países periféricos de Europa como Irlanda, Grecia, o Portugal, fue uno de los grandes destinatarios de la construcción de infraestructuras de carreteras durante los años 90 y mediados de la primera década de este siglo. Como consecuencia de dicha política España pasó de ser uno de los países más pobres en cuanto a dotación de carreteras, a acercarse a los niveles de infraestructuras viarias de los países europeos más desarrollados, tanto en términos absolutos como cuando se compara la relación de vías de alta capacidad respecto a la superficie del país, e incluso llegó a superar la posición de los países inicialmente mejor dotados (Luxemburgo, Holanda, Alemania). Algo similar ocurre con las líneas ferroviarias de alta velocidad, especialmente durante los últimos años, derivado de una canalización de los recursos en los últimos años hacia la red ferroviaria incentivada, en parte, por las nuevas orientaciones de la política europea de transportes.

De la revisión de los datos de inversión en infraestructuras realizada en España tras la adhesión a la Unión Europea se puede concluir que el país ha experimentado un proceso de convergencia con el resto de Europa en lo que se refiere a dotación de infraestructuras. Esa convergencia se ve reflejada tanto en la evolución del volumen del stock de capital público per cápita como en el volumen de inversión pública destinada a la formación bruta de capital fijo que ronda valores en torno al 4% del PIB, superiores en España a la media del resto de países de la Unión, aunque dicho porcentaje es ligeramente menor a partir de 2011.

Dentro del país se ha observado igualmente un proceso de mejora de las infraestructuras en todas las regiones españolas que vieron como su red de carreteras mejoraba sustancialmente facilitando la conexión con los ejes de desarrollo; sin embargo algunas, como el caso de Asturias, Cantabria o Galicia fueron más rezagadas en el tiempo, lo que momentáneamente las puso en riesgo de un empeoramiento relativo de la posición, de quedar distantes y alejadas de las nuevas y modernas vías de comunicación que se estaban estableciendo con los grandes mercados y concentraciones industriales españolas y de la Europa Comunitaria.

Sin embargo, aunque con retraso, estas regiones periféricas fueron capaces de alcanzar los niveles de las regiones españolas mejor dotadas y situarse en posiciones mejores que otras regiones que, en su momento, no fueron consideradas regiones objetivo 1.

En la actualidad el desarrollo de la red ferroviaria, especialmente la alta velocidad, está ganando terreno a la inversión en carreteras. De nuevo las regiones más periféricas sufren retrasos en su

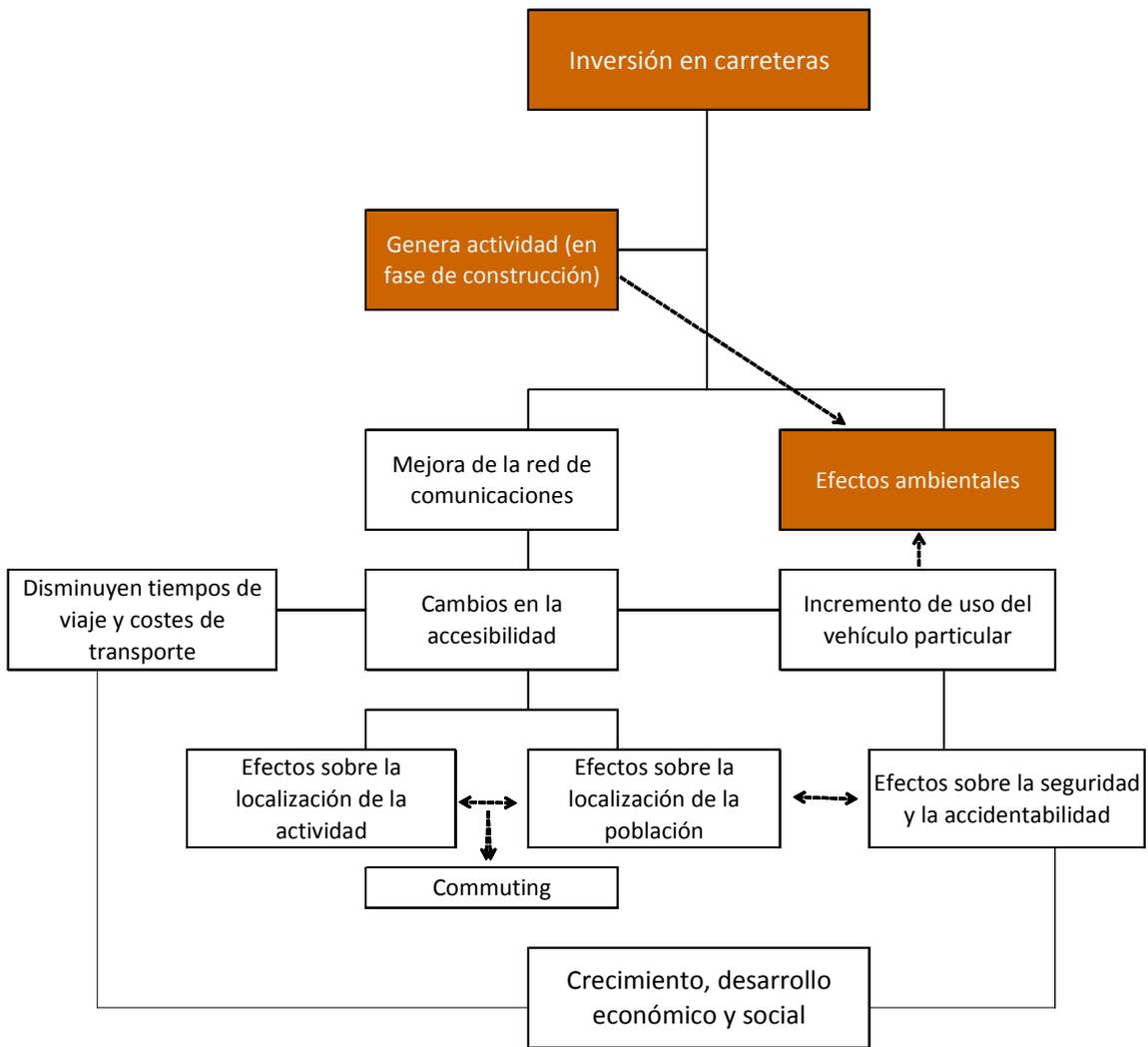
construcción y el debate sobre su necesidad está en el centro de atención del análisis económico y político, al ser un aspecto que se relaciona con el desarrollo de las regiones.

No obstante como se ha argumentado en la introducción de la tesis, la relación entre mejoras en la red de transporte y el desarrollo regional es compleja y no siempre es fácil encontrar relaciones de causalidad directas entre mejoras de las infraestructuras y desarrollo regional, más difícil aun cuando los países y regiones presentan diferencias acusadas entre sí. Es necesario entender el contexto en el que se producen, hacer un análisis desde una óptica local (Banister y Berechman, 2001) *ex post*, para conocer mejor los efectos, pues, como se ha argumentado ya, no todos los lugares responden de la misma forma ante una misma política.

Por ello esta tesis se ha planteado estudiar el caso de una región determinada, el de Asturias, pese a no suponer una región de peso dentro de la economía española, y mucho menos de la europea o mundial, pero si se considera un ejemplo paradigmático, por la oportunidad que suponía una mejor dotación de infraestructuras para el desarrollo de esta región periférica en crisis. Además son las que han intentado resolver uno de los males endémicos que es la desarticulación territorial, y hasta el momento ha sido la única infraestructura que ha actuado sobre dicho problema y ha tratado de vertebrar la región.

En los próximos capítulos se va a profundizar en las consecuencias de las inversiones en tres aspectos claves: el efecto sobre la economía regional durante la fase de la construcción, el efecto sobre la accidentabilidad en carretera y la accesibilidad de la región.

**CAPÍTULO II. UN ANÁLISIS DE LOS EFECTOS
DE LA FASE DE CONSTRUCCIÓN**



Fuente: elaboración propia a partir de Banister y Berechmann, 2001.

"No es la riqueza de una nación la que crea carreteras, sino las carreteras las que crean la riqueza de la nación."

John Kennedy (1917, 1963)

"Siempre he tenido la impresión de que los economistas no prestaban atención suficiente a los hechos empíricos. Y me dije a mí mismo: quiero desarrollar un marco teórico que permita un análisis detallado de las operaciones de la economía de un país."

Wassily Leontief (1906-1999)

1. Introducción

La inversión pública en infraestructuras puede ser considerada por sí misma un motor generador de empleo por el volumen de actividad que ésta crea durante la fase de construcción así como por su efecto de arrastre sobre otras actividades productivas, tal y como se ha demostrado en varios trabajos (Heintz et al. 2009; Ianchovichina et al. 2013; Deno, 1988). En el caso particular de autovías y carreteras se generan además otros efectos, como son los derivados de tener una disminución en los tiempos de viaje o los derivados de tener un menor número de accidentes, aspectos que serán ampliamente analizados en los siguientes capítulos.

Este capítulo de tesis se centra en analizar los efectos que se generan durante la etapa de la construcción de carreteras, es decir, se estudia la actividad generada por la propia construcción, y los efectos de arrastre que provoca, a través de la demanda de bienes y servicios, tanto desde un punto de vista económico como ambiental.

Para llevar a cabo esta investigación se hace uso de las Tablas Input-Output elaboradas por el Instituto Nacional de Estadística (INE) y la Sociedad Asturiana de Estudios Económicos e Industriales (SADEI). Ambas fuentes ofrecen información detallada sobre las relaciones entre los diferentes sectores de la economía y constituyen una herramienta apropiada para llevar a cabo el análisis pretendido en este capítulo.

2. La relación entre inversión en infraestructuras, empleo y medio ambiente

La creencia que la inversión en infraestructuras origina crecimiento económico, como ya señalaban Banister y Berechman (2000), a menudo se ha utilizado como un argumento para canalizar recursos hacia el sector del transporte y de la obra pública. Así, la Unión Europea apostó por el papel de una red eficiente de transportes como una forma de disminuir las

diferencias regionales y contribuir a la cohesión económica, mejorar la competitividad de Europa y promover el desarrollo económico en el largo plazo. De ahí que buena parte del esfuerzo financiero de la política de desarrollo regional en los años 90, como se ha comentado en el capítulo anterior, se destinara a dotar Europa de una eficiente red de infraestructuras, sobre todo en las áreas más periféricas y peor conectadas como es el caso de los países del sur de Europa.

En el caso de Asturias, como señalaba Hernández Muñiz (2003), cualquier noticia o evento surgido en torno al sector del transporte y de sus infraestructuras ha concitado y sigue concitando la atención de la sociedad asturiana. De hecho, la obra pública ha generado muchas expectativas y se ha reivindicado en constantes ocasiones su papel para sostener el empleo de la región¹³, más aún en estos últimos años en los que la crisis en la que se ha visto inmersa la economía mundial, y en particular la española, se ha cebado con especial fuerza en el sector de la construcción.

A pesar del arraigo de la idea de que las infraestructuras contribuirán indudablemente al desarrollo económico, como ya se ha discutido en la introducción de este capítulo, no es tan claro que exista una relación de causalidad directa. De hecho, una buena parte de las investigaciones llevadas a cabo hasta el momento concluyen que el impacto económico varía ampliamente entre regiones, industria, y período temporal (Jiwattanakupaisarn, 2008). Así es conocido que algunas industrias crecen como resultado de la disminución de los costes de transporte, mientras otras se reducen como consecuencia de una relocalización de la actividad (Chandra y Thompson, 2000). Las autovías tienen un impacto en las áreas rurales, sin embargo, buenas autovías no garantizan el desarrollo económico si la región carece de otros recursos necesarios para el crecimiento (Fox y Porca, 2001).

Sin embargo, parece más claro, ya que existe cierto consenso en la literatura (Babcock y Leatherman, 2011; Stephanedes y Eagle, 1987) el argumento de que este tipo de inversión tiene su mayor impacto sobre el empleo durante la fase de construcción, y que tiene comportamientos diferentes en el largo plazo. La tabla 2.1 ofrece un pequeño resumen de algunas de las investigaciones realizadas en este tema.

¹³En este sentido en Asturias son conocidas las reivindicaciones de la Confederación Asturiana de la Construcción para que se invierta en obra pública en Asturias, tanto por la necesidad de dotar a la región de infraestructuras que rompan con su aislamiento, como por el propio hecho de que con ella se impulsa el sector de la construcción en Asturias, un sector que ha ido ganando paulatinamente peso en la estructura económica de la región y también ha sido uno de los grandes perjudicados por la crisis que comenzó a partir de 2008.

Tabla 2.1. Revisión de literatura de efectos de la construcción de carreteras sobre el empleo.

Autor	Caso de estudio	Efectos sobre el empleo
Stephanedes y Eagle (1986)	Relación entre gasto en autovías y empleo en 30 condados no metropolitanos de Minnesota (1960-1985).	No es significativa la relación entre inversión e infraestructuras en el empleo, los mayores efectos se tienen por el propio efecto de la construcción.
Zografos, Gables, y Engineenng, (1992)	Impacto de la inversión en autovías sobre el empleo y la actividad económica en Minnesota (1964-1982).	Se generan empleos en el corto plazo en el sector de la construcción y en el largo plazo en la industria manufacturera y sector servicios.
Rephann e Isserman (1994)	Efectos de la autovía en condados que obtuvieron un enlace a autovía en EEUU (1963-1975).	Produce efectos en el largo plazo en el sector de la industria, mientras que los efectos en sector de la construcción son escasos.
Chandra y Thompson (2000)	Condados no metropolitanos de EEUU que han recibido inversión en autovías desde 1969.	Produce efectos en el largo plazo en el sector de la industria, mientras que los efectos en sector de la construcción son más bajos.
Pereira (2000)	Efectos de la inversión pública sobre el sector privado en EEUU (1956-1997).	Dentro de todas las infraestructuras de una región, la inversión en carretera presentan la tasa de retorno más baja sobre el sector privado.
Jiwattanakulpaisarn, Noland, Graham, y Polak (2009)	Relación entre autovía y empleo en EEUU (1984-1997).	Encuentra una relación entre crecimiento de empleo temporal y aumento de la inversión en infraestructuras, sin embargo esto depende del tipo de autovía y del período temporal en el que se encuentra.

Fuente: elaboración propia

Junto a los efectos sobre la actividad, tanto a corto como a largo plazo, aparece asociado un coste medioambiental. Por una parte, la construcción de nuevas carreteras en muchas ocasiones implica que los conductores puedan acercarse a lugares antes difícilmente accesibles, y en muchas ocasiones esto tiene un impacto irreversible sobre los ecosistemas, el paisaje o la calidad del aire (Laurance et al. 2014; Peeters et al. 2007). Por otra parte, tiene un coste ambiental en la medida que la utilización de materia prima en la construcción supone un incremento en las emisiones de dióxido de carbono (Nässén, Holmberg, Wadeskog, y Nyman, 2007). En los países industrializados se estima que el sector de la construcción genera el 36% de emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y emplea el 40% de las energías primarias que existen en el continente. Y entre los productos de mayor impacto en la huella de carbono, según las estimaciones de Eurostat, están el acero y el hierro que suponen un 6% y el cemento que supone un 5% de las emisiones de CO₂ de nuestro planeta. Todos estos son materiales empleados intensamente en la construcción de carreteras.

Tanto los efectos sobre la actividad como los efectos que ha tenido sobre el uso de energía y emisión de CO₂ son aspectos de interés que no pueden ser obviados en un análisis como el que se plantea en esta tesis. Para hacer dicha estimación utiliza como herramienta las Tablas Input-Output.

3. Metodología y fuente de datos

3.1. El modelo input output

Una herramienta esencial y susceptible de ser utilizada para estimar el impacto de la construcción de carreteras en la economía regional se encuentra en los modelos input-output. Esta metodología, desarrollada originalmente por (Leontief, 1936) se construye a partir de datos observados en un área determinada (sea una región o país) y en un determinado período de tiempo (puede ser para un año natural).

La metodología input-output tiene como objetivo el estudio de la interdependencia entre los sectores de una economía y permite cuantificar la importancia de un sector determinado dentro de la misma y también estimar la respuesta de ese sector ante el impacto de una variable exógena (por ejemplo, un incremento en la inversión en el sector). Este enfoque ha tenido una gran trascendencia sobre el análisis económico en diversas áreas a lo largo de las últimas décadas. Aplicaciones de la lógica Input-Output pueden encontrarse en numerosas subdisciplinas como la economía del crecimiento y desarrollo (Richardson, 1985) la economía medioambiental y de los recursos naturales (Wiedmann, 2009) o la economía regional (Isard, 1951). Una extensión de esta metodología que cabe destacar son las Matrices de Contabilidad Social (SAM), las cuales incluyen información adicional relativa a los hogares o la fuerza de trabajo, y constituyen la base cuantitativa de los denominados modelos de equilibrio general aplicado o cuantitativo.

Existen numerosas referencias donde pueden encontrarse buenas revisiones de la literatura Input-Output. Probablemente, el manual más frecuentemente citado sobre modelización Input-Output es el libro de Miller y Blair (2009), aunque existen otros excelentes manuales como el de Pulido y Fontela (1993). Una buena colección de contribuciones relevantes a la literatura se encuentra en Rose y Miernyk, 1989, proporciona una visión histórica sobre cinco décadas de uso de modelos Input-Output, Kurz et al. (1998), Lahr y Dietzenbacher (2001) o Dietzenbacher y Lahr (2004).

Aunque este método es comúnmente conocido en el ámbito del análisis económico, se desarrolla en las siguientes páginas un breve repaso de la filosofía de este método y la forma de cálculo que ayudará a entender mejor la estimación que en la siguiente sección se hará.

Como ya se ha comentado anteriormente en este capítulo, estas tablas contienen flujos que reflejan transacciones económicas entre y dentro de los sectores de una economía (que puede ser un país, una región o cualquier otra dimensión espacial) en un determinado periodo

(habitualmente un año natural). El número de sectores que se contemplan en las tablas depende de las decisiones de los constructores de las mismas, que habitualmente son los institutos de estadística. La siguiente tabla muestra un ejemplo extremadamente simple de una tabla Input-Output para una economía hipotética, donde solamente se contemplan tres sectores productivos y se asume que no existen relaciones comerciales con el resto del mundo:

Tabla 2.2. Ejemplo de Tabla Input-Output

	Agricultura	Industria	Servicios	Demanda final	OUTPUT TOTAL
Agricultura	10	60	5	50	125
Industria	20	200	30	150	400
Servicios	20	40	40	100	200
Salarios	50	60	75		
Beneficios	25	40	50		
INPUT TOTAL	125	400	200		

Fuente: elaboración propia.

Las celdas de estas tablas pueden contener tanto flujos medidos en términos monetarios como físicos, si bien la primera de las opciones es la más común. Supongamos que en este ejemplo las unidades son millones de euros. Las primeras tres filas (cuadrante izquierdo superior) muestran lo que los sectores han vendido a otros sectores (tres primeras columnas). Por ejemplo, el sector servicios habría vendido 40 millones al sector industrial, lo cual es considerado como un input intermedio en el proceso productivo de esta rama. Los inputs intermedios se encuentran recogidos en este cuadrante izquierdo superior de las tablas Input-Output. El cuadrante izquierdo inferior muestra el valor de los denominados inputs primarios (denominados así porque no son producido por ningún otro sector) que se emplean en cada rama productiva. Por ejemplo, el sector servicios pagaría 75 millones en salarios a los hogares y 50 millones en beneficios (en este ejemplo solo el factor trabajo y el capital son considerados como inputs primarios). La suma de inputs primarios más inputs intermedios ofrece como resultado el input total empleado en cada sector.

Además de las ventas destinadas a otros sectores, las ramas de esta economía ofrecen su producción a la demanda final (que podría haber sido desagregada en consumo e inversión, por ejemplo, o desagregaciones más detalladas). La diferencia básica entre demanda intermedia y demanda final es que la producción que se destina a esta última categoría no es empleada como factor productivo en la economía durante el periodo estudiado. En el ejemplo, el sector agrícola habría vendido 75 millones a otros sectores como demanda intermedia y 50 millones a la demanda final. Por consiguiente, el output total de este sector será de 125 millones, el cual aparece recogido en la columna situada en el extremo derecho de la tabla, y equivale al valor

del total de inputs empleados por este sector. A nivel agregado, la economía aquí representada habría generado un Producto Nacional de 300 millones, cantidad que es igual a la suma de salarios más beneficios (Renta Nacional), cumpliéndose así esta identidad básica de la Contabilidad Nacional.

El modelo económico que habitualmente subyace en el análisis input-output asume dos supuestos muy simples. Por una parte asume que la economía se puede categorizar en n sectores y que el output de un sector se obtiene a través del consumo de inputs y estos inputs son, a su vez, el output de otras industrias. Esto puede representarse a través de la siguiente ecuación:

$$x_i = z_{i1} + \dots + z_{ij} + \dots + z_{in} + y_i = \sum_{j=1}^n z_{ij} + y_i \quad (1)$$

siendo x_i el output total (producción) del sector i , z_{ij} las ventas del sector i al sector j y la demanda total final para i .

La ecuación 1 representa cómo se distribuye la producción del output i . Una ecuación similar a la 1 identificará las ventas de cada sector de la economía:

$$\begin{aligned} x_1 &= z_{11} + \dots + z_{1j} + \dots + z_{1n} + y_1 \\ &\vdots \\ x_i &= z_{i1} + \dots + z_{ij} + \dots + z_{in} + y_i \\ &\vdots \\ x_n &= z_{n1} + \dots + z_{nj} + \dots + z_{nn} + y_n \end{aligned} \quad (2)$$

o lo que es lo mismo:

$$x = \begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} z = \begin{bmatrix} z_{11} & \dots & z_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ z_{n1} & \dots & z_{nn} \end{bmatrix} y \quad y = \begin{bmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} \quad (3)$$

El otro supuesto fundamental en el modelo es que el output producido en una industria j (x_j) y los inputs intermedios (z_{ij}) de la industria i están relacionados linealmente. En el modelo se asume que no existe escasez de inputs primarios, de forma que se satisfacen siempre los incrementos de la demanda final.

Estas relaciones proporcionales se reflejan en los coeficientes técnicos

$$a_{ij} = z_{ij}/x_j. \quad (4)$$

En una economía con n sectores, el vector que contiene los outputs utilizados como inputs intermedios se definen en el producto \mathbf{Ax} , donde \mathbf{x} es el vector ($n \times 1$) de output por cada industria y \mathbf{A} es la matriz ($n \times n$) con los coeficientes técnicos.

Bajo estos supuestos, la ecuación puede describirse como

$$\mathbf{x} = \mathbf{Ax} + \mathbf{y} \quad (5)$$

donde \mathbf{y} es el vector con la demanda final de cada industria.

Ante un shock externo la economía deberá producir output suficiente para satisfacer los nuevos niveles de demanda. En principio solamente debería producir las mismas cantidades \mathbf{y}^* , pero los sectores necesitan consumir \mathbf{A} intermedios para conseguir esto, lo cual implica que requerirán \mathbf{AAy}^* inputs intermedios más y el proceso se prolongaría indefinidamente, siendo la expresión que describe todo este proceso la siguiente:

$$\mathbf{x}^* = \mathbf{y}^* + \mathbf{Ay}^* + \mathbf{A}^2\mathbf{y}^* + \dots = (\mathbf{I} + \mathbf{A} + \mathbf{A}^2 + \mathbf{A}^3)\mathbf{y}^* \quad (6)$$

donde \mathbf{I} es la matriz identidad. Bajo determinadas condiciones¹⁴, esta suma converge a la siguiente ecuación (Miller y Blair, 2009)

$$\mathbf{x}^* = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{y}^* = \mathbf{Ly}^* \quad (7)$$

La expresión (7) es conocida como el “modelo abierto de Leontief”, y relaciona las variaciones producidas en la demanda final con cambios producidos en el nivel de output, lo que hace que sea considerado como un modelo orientado a la demanda. En el modelo se asume que no existe escasez de inputs primarios, de forma que se satisfacen siempre los incrementos de la demanda final.

La matriz $\mathbf{L} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$ se suele denominar “matriz inversa de Leontief”. Todos sus elementos son no negativos y refleja todos los efectos tanto directos como indirectos sobre el output de un cambio en la demanda final. Esta matriz contiene los efectos multiplicadores, donde un

¹⁴Las condiciones son que la suma por columnas de los elementos de \mathbf{A} deben ser menores que uno. Esto es prácticamente siempre verificado por las tablas Input-Output en la realidad, debido a las características de la matriz \mathbf{A} : todos los sectores deben emplear una cantidad positiva de inputs primarios.

elemento genérico l_{ij} de \mathbf{L} cuantifica el output adicional en el sector i producido como consecuencia de un cambio unitario en la demanda de la industria j .

El modelo abierto de Leontief permite conocer y cuantificar el efecto en los cambios en la demanda final sobre diferentes variables como el empleo, el valor añadido y cualquier otro indicador socioeconómico. Y permite descomponer ese efecto en efecto directo, indirecto e inducido.

El efecto directo se produce en la primera ronda de transacciones económicas. La idea básica del modelo es que el shock exterior, en este caso el incremento de la inversión pública en construcción, al ser satisfecho, genera un aumento de la actividad para los primeros proveedores de esa demanda (empresas de construcción), y éstas deben adecuar sus pedidos a sus proveedores (cemento, hormigón..) y éstos a los suyos, generándose una segunda ronda de transacciones económicas que van satisfaciendo las diversas necesidades de bienes y servicios en todo el conjunto de las ramas productivas, hasta que se agota el efecto del shock inicial de la demanda final, esto es, los efectos indirectos. Los efectos directos e indirectos provocan un incremento de la renta de las economías domésticas vía sueldos y salarios y permite el incremento del consumo, desencadenando una ronda adicional de transacciones económicas a lo largo del sistema productivo, esto es, los efectos inducidos.

Matemáticamente, el efecto directo se calcularía multiplicando la matriz identidad por el volumen del shock que se estudia \mathbf{Iy}^* , el efecto indirecto vendría determinado por la multiplicación de la matriz de coeficientes técnicos por el volumen de shock, \mathbf{Ay}^* y el efecto inducido por el resto de los efectos, esto es $(\mathbf{L} - \mathbf{I} - \mathbf{A})\mathbf{y}^*$.

Adicionalmente, además de la obtención de multiplicadores de output, el modelo puede ampliarse para estimar los multiplicadores que inyecciones exógenas en la demanda final generan sobre cualquier otro indicador económico observable a nivel de sector. De forma genérica y denotando como \mathbf{c} al vector $(n \times 1)$ que contiene los niveles de la variable de interés para cada sector, este vector vendrá dado por la expresión:

$$\mathbf{c} = \hat{\mathbf{u}}\mathbf{x} \quad (8)$$

En esta ecuación \mathbf{u} es el vector $(n \times 1)$ de la variable estudiada por unidad de output y $\hat{\mathbf{u}}$ es la matriz diagonal $(n \times n)$ que contiene los elementos del vector \mathbf{u} en su diagonal principal. De tal forma que finalmente se tiene:

$$\mathbf{c} = \hat{\mathbf{u}}\mathbf{Ly} = \mathbf{My} \quad (9)$$

Si denotamos como \mathbf{M} a la matriz $(n \times n)$ resultante de multiplicar $\hat{\mathbf{u}}\mathbf{L}$, un elemento genérico m_{ij} representa la cantidad adicional de la variable de interés generada en el sector i como consecuencia de un aumento en la demanda del sector j . Esta matriz \mathbf{M} es una matriz de multiplicadores que contiene efectos de la demanda final que puede ser considerada como una extensión de la matriz inversa de Leontief \mathbf{L} . Es decir, la matriz \mathbf{L} puede ser considerada como un caso particular de la matriz \mathbf{M} en caso de que el vector \mathbf{u} sea un vector formado por unos. Asumiendo que \mathbf{e} es un vector de unos con dimensión $(n \times 1)$ e imponiendo $\mathbf{u} = \mathbf{e}$, nótese que la ecuación (9) es igual a:

$$\mathbf{x} = \hat{\mathbf{u}}\mathbf{L}\mathbf{y} = \hat{\mathbf{e}}\mathbf{L}\mathbf{y} = \mathbf{L}\mathbf{y} \quad (10)$$

Es decir, estaríamos en el caso particular donde $\mathbf{M} = \mathbf{L}$.

Por otro lado, las matrices de multiplicadores obtenidas a partir del modelo de Leontief (ya sea la matriz \mathbf{L} o su generalización \mathbf{M}), posibilitan calcular indicadores a nivel de sector que indican los efectos que sobre la economía tiene un incremento unitario de demanda final en un determinado sector j . Así, definiendo de forma general la expresión:

$$m_{.j} = \sum_{i=1}^n m_{ij} \quad (11)$$

el término $m_{.j}$ cuantifica el efecto que en la variable de interés c (o en el nivel de output si estamos en el caso particular donde $\mathbf{M} = \mathbf{L}$ por lo que $m_{.j} = l_{.j} = \sum_{i=1}^n l_{ij}$) se observaría en el total de n ramas de la economía estudiada como consecuencia de incrementos unitarios en la demanda final de la rama j . Este término recibe diversos nombres en la literatura, denotándose como “efecto multiplicador” del sector j o “efecto de arrastre” del sector j , entre otros.

3.2. Fuente de datos: SADEI e INE

La elaboración de los datos que forman las tablas input-output (TIO) supone un arduo y minucioso trabajo que llevan a cabo los Institutos Nacionales de Estadística¹⁵, y ofrece una valiosa información sobre la relación que existe entre las diferentes ramas de la economía. Dada la complejidad del proceso de estimación, estas tablas se vienen estimando cada cinco años, y a fecha de finalización de esta tesis, 2017, aún no están disponibles los resultados para el año 2015.

En el cálculo de las tablas el valor de la rama de actividad de construcción y su relación con los demás sectores se estima definiendo el conjunto de obras realizadas en el territorio, lo que en la práctica implica no considerar posibles importaciones y exportaciones de productos de esta rama. La valoración de los principales agregados se apoya en los datos de la Encuesta de coyuntura de la industria de la construcción del Ministerio de Fomento y en los Índices de precios de materiales, publicados por el INE.

La producción de la rama tiene como destino la formación bruta de capital fijo y, en menor medida, el consumo intermedio y el consumo familiar. La formación bruta en construcciones llevada a cabo por el conjunto de empresas de la economía asturiana o nacional—así como la demanda intermedia, correspondiente a reparaciones— estimada a partir de los datos de las diferentes encuestas realizadas, que se ajustan posteriormente con la información sobre nuevas industrias recogida en el Registro Industrial.

La información sobre obra pública se extrae del anuario estadístico del Ministerio de Fomento y de las liquidaciones de presupuestos de la Comunidad Autónoma del Principado de Asturias y de las Corporaciones Locales.

Tanto el Instituto Nacional de Estadística como la Sociedad Asturiana de Estudios Económicos e Industriales (SADEI) tienen cálculos quinquenales de las tablas input ajustados al sistema de contabilidad de referencia. Así en el año 2010 las tablas tienen en cuenta la CNAE 2009, mientras que en los años anteriores, 2000 y 2005 están calculadas con el sistema de referencia con base 2000, según SEC 1999 y CNAE 1993. Suponen cambios en el sistema de contabilidad y de imputación a sectores productivos.

En el contexto de esta investigación, para hacer el cálculo de los efectos que ha tenido la construcción de carreteras en Asturias, se hace uso de la tabla simétrica contenida en el marco input-output elaborado en los años 1995, 2000, 20005 y 2010 por el INE y el elaborado por SADEI. El uso de los cálculos de ambos institutos responde principalmente al hecho de que no

¹⁵Las TIO son información pública y de acceso gratuito puesto a disposición de cualquier persona en la página web del INE (www.INE.es) y en SADEI (www.sadei.es) dentro de la contabilidad regional.

todo el dinero invertido recae en empresas asturianas, de hecho la mayor parte de las empresas adjudicatarias de obra pública son empresas nacionales, no erradicadas en Asturias, pero no se dispone de datos oficiales del importe de las subcontrataciones que se hayan podido hacer a empresas asturianas.

Las tablas simétricas para los años 1995, 2000, 2005 y 2010 permite comparar momentos del ciclo económico muy diferente. Así se inicia el estudio con los datos de 1995, año en el que España comienza a recuperarse del breve pero intenso período de crisis del período 1992-1994 que había dejado un record en las tasas de desempleo registradas. Continúa nuestro análisis con los años 2000 y 2005, años en pleno ciclo expansivo de la economía española, basado en la expansión inmobiliaria, la financiación exterior y el endeudamiento como base de un fortísimo crecimiento de la demanda interna y de atracción de una intensa corriente inmigratoria que derivó en un incremento sustancial de la renta y del PIB (Vázquez, 2014). Y finalmente, se analiza el año 2010, año afectado ya por la crisis financiera iniciada tras la caída Lehman Brothers y que, en los países del Sur de Europa, como España, se concretó en una crisis de deuda soberana que puso en riesgo de quiebra varios países.

El hecho de disponer de tan diferentes contextos económicos hace que, aun con el mismo volumen de inyección de inversión, los resultados obtenidos sean diferentes en un año u otro, como se va a observar en los diferentes análisis que a continuación se presentan.

4. Principales resultados a 12 ramas de actividad

Puesto que las tablas INE y SADEI ofrecen datos de un número diferente de ramas de actividad en los distintos años, se decide hacer una agregación de las ramas contenidas en ambas para que sean consistentes en ambos organismos, INE y SADEI para todos los años. En este caso se hace una agregación a doce ramas de actividad que contienen el total de actividades contenidas en la economía. Las ramas recogidas en cada una de las doce ramas agregadas se recogen en el anexo II.

Para estimar el impacto de la construcción de carreteras en primer lugar se deben calcular los coeficientes de la matriz de Leontief, y para ello previamente se debe calcular la matriz de coeficientes técnicos. Los coeficientes técnicos se estiman a partir de la ecuación $a_{ij} = z_{ij}/x_j$ donde z_{ij} son los inputs intermedios de la industria i que utiliza j en su sistema productivo y x_j es la producción total del sector j .

Por un lado, para cada año (1995, 2000, 2005, 2010) se toman los coeficientes técnicos a partir de las estimaciones recogidas en las tablas simétricas interiores que calcula el INE y con las

tablas regionales de SADEI. Los resultados obtenidos en ambos casos para el sector de la construcción se resumen en la tabla 2.3.

Tabla 2.3. Efectos multiplicadores de la construcción sobre el valor de la producción, agregación a 12 ramas

	Nivel de inversión (millones de euros)	Efecto multiplicador (I _j)		Output total generado (millones de euros)		Porcentaje sobre el output total regional	
		INE	SADEI	INE	SADEI	INE	SADEI
1995	191,17	2,018	1,441	397,93	275,62	2,1%	1,5%
2000	334,26	2,059	1,750	688,35	584,99	2,8%	2,3%
2005	433,01	2,333	1,746	1.009,66	756,27	2,8%	2,1%
2010	344,81	2,006	1,856	691,57	640,22	1,7%	1,6%

Fuente: elaboración propia a partir de TIO SADEI y TIO INE, varios años. Inversión: FBBVA y IVIE.

Los resultados obtenidos muestran como por cada euro invertido en el sector de la construcción en el año 2010 según el INE, se generan 2,006 euros a lo largo de la economía, mientras que en el caso de SADEI cada euro invertido generaría 1,856 euros en la economía regional.

Teniendo en cuenta el nivel de inversión en carreteras en Asturias en cada año considerado - datos que ofrece la base de datos sobre stock de capital público elaborada por la Fundación Banco Bilbao e IVIE- se deduce que, en el año 1995, la inversión de 191 millones de euros que recibieron las carreteras asturianas habrían desencadenado un volumen de producción de 275,62 millones de euros si se utilizan las tablas calculadas por SADEI y de 397 cuando se utilizan las de INE. En el mejor de los casos, el volumen de producción más elevado se habría producido en 2005, con un valor que alcanzaría 1.009 millones de euros siguiendo las tablas elaboradas por el INE.

Las diferencias entre las estimaciones que se obtienen cuando se utilizan las tablas del INE y cuando se utilizan las tablas de SADEI provienen básicamente de los efectos multiplicadores, que para el caso de la economía asturiana son más bajos que para la economía nacional.

Una vez calculados los multiplicadores de producción se puede calcular de una forma sencilla los multiplicadores sobre el empleo y sobre el valor añadido bruto para cada año en el que se dispone de tablas y se puede extender el análisis también a los años en los que no se tiene tabla, como se explica en el anexo 2.

4.1. Efectos sobre el empleo

Se ha calculado el empleo generado utilizando las tablas de SADEI y las tablas del INE para obtener un margen de confianza sobre la estimación y observar la horquilla en la que se mueven los valores obtenidos. Los resultados obtenidos se recogen en la tabla 2.4.

Según los cálculos obtenidos, por cada millón de euros invertidos en el sector de la construcción, se habrían generado 29 empleos en la economía en el año 1995 (29 según la estimación de INE y 27 en la estimación de SADEI), mientras que para el año 2010, la misma inversión habría llevado a la creación de 15 empleos en el año 2010, tanto para SADEI como para el INE.

Tabla 2.4. Efectos multiplicadores de la construcción sobre el nivel de empleo, agregación a 12 ramas

	Nivel de inversión (millones de euros)	Efecto multiplicador (<i>m.j</i>)		Empleo total generado (personas)		Porcentaje sobre el empleo total regional	
		INE	SADEI	INE	SADEI	INE	SADEI
1995	191,17	0,029	0,027	5.767	5.164	1,6%	1,5%
2000	334,26	0,024	0,024	8.173	8.032	2,2%	1,4%
2005	433,01	0,020	0,017	8.670	7.593	2,0%	1,9%
2010	344,81	0,015	0,015	5.184	5.387	1,2%	1,8%

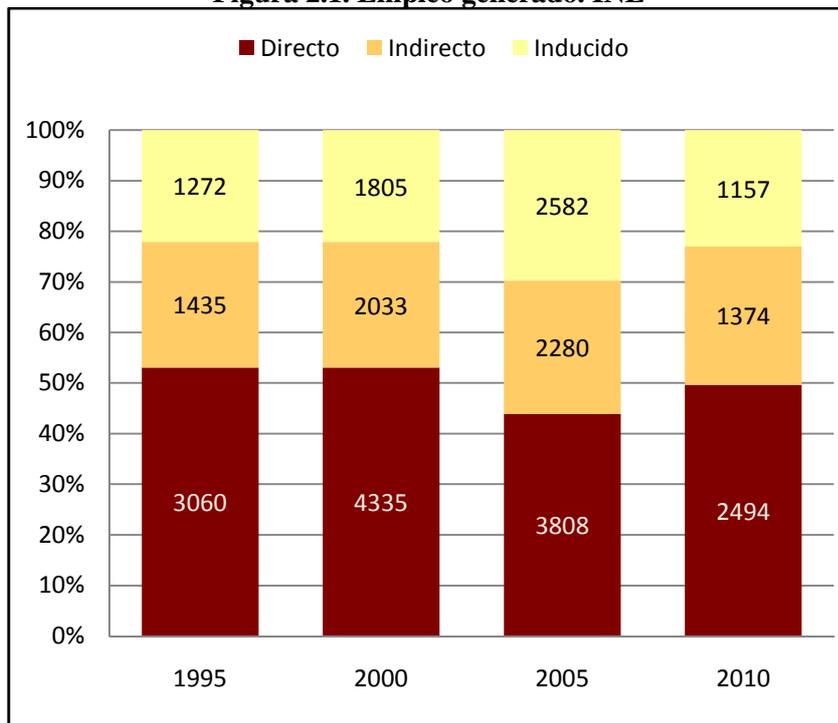
Fuente: elaboración propia a partir de TIO SADEI y TIO INE, varios años. Inversión: FBBVA y IVIE.

Los valores oscilan entre un mínimo de 5.164 empleos generados en 1995, según las tablas de SADEI, y un máximo de 8.670 empleos en 2005 según las tablas del INE, lo que supone en términos generales aproximadamente el 2% del empleo total (puestos de trabajo a tiempo equivalente). Los valores estimados para 2010 son más modestos, y hasta cierto punto contrarios a lo que cabría esperar en su papel de política pública correctora de las fluctuaciones de la economía (esto es, en época de expansión su importancia sobre el empleo total cabría esperar que fuera menor que en épocas de recesión), hecho que no se constata en este análisis.

La metodología input output permite descomponer el efecto total, en este caso sobre el empleo total estimado, en efectos directos, como consecuencia directa de la canalización de inversión hacia el sector de la construcción, y empleos indirectos e inducidos.

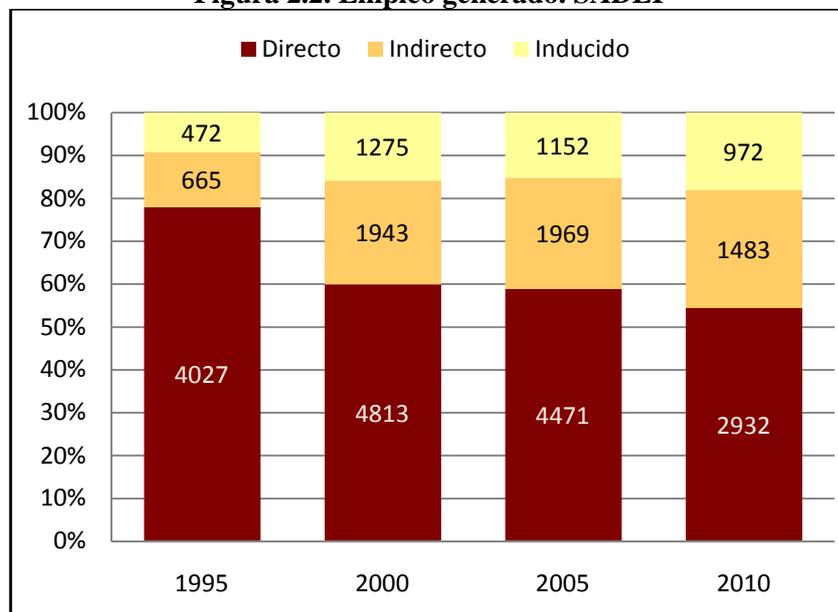
Los resultados obtenidos reflejan diferencias entre las estimaciones de INE y de SADEI. Mientras que en el INE aproximadamente el 50% son efectos directos, en torno al 25% indirectos y el 25% inducidos, las estimaciones con la tabla de SADEI eleva los efectos directos al 60% y los efectos indirectos al 30% y por el contrario reduce los inducidos al 10% (figuras 2.1 y 2.2).

Figura 2.1. Empleo generado. INE



Fuente: elaboración propia a partir de cálculos de las TIO INE.

Figura 2.2. Empleo generado. SADEI



Fuente: elaboración propia a partir de cálculos de las TIO SADEI.

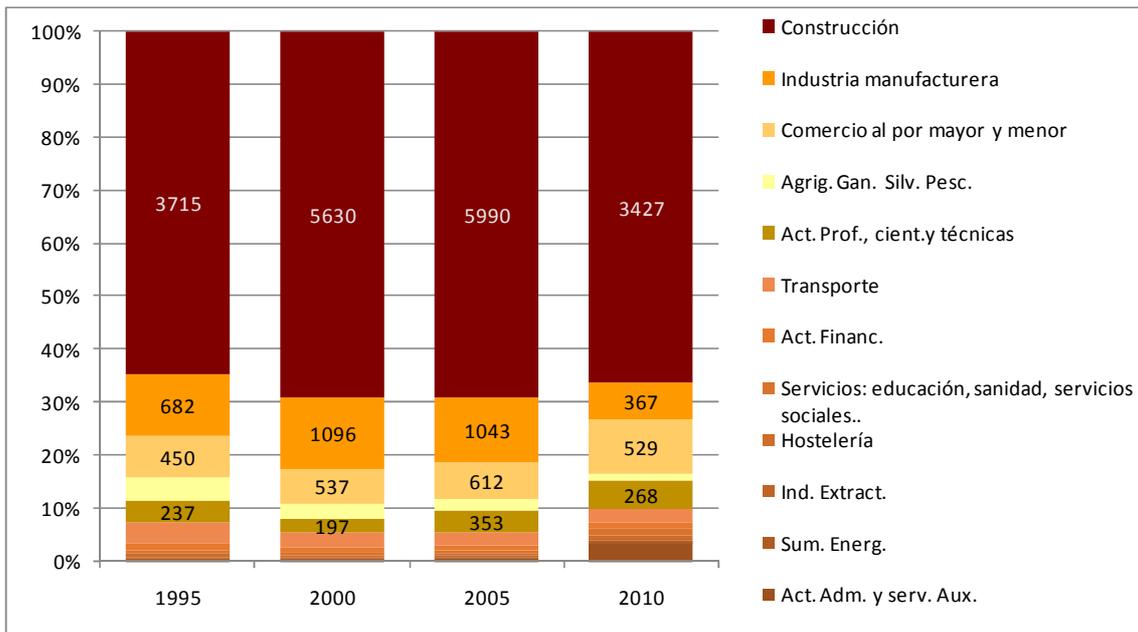
La mayor repercusión en otras ramas de actividad varía en función del año analizado y también del origen de la estimación. Así en el año 2010, para el INE, dejando a un lado el propio sector

de la construcción, que es lógicamente donde mayor empleo se genera, la rama de comercio al por mayor y menor, seguida de las ramas de la industria manufacturera y de las actividades profesionales, científicas y técnicas serían las principales creadoras de empleo derivado de la inversión en carreteras, como se muestra en la figura 2.3.

Sin embargo, las estimaciones de SADEI en 2010 son menos favorables en cuanto a repercusión a otras actividades. En torno al 70% del empleo se habría generado en el sector de la construcción. El comercio al por mayor y menor habría creado 384 empleos, la industria manufacturera 280 y otras actividades profesionales 177. En ninguna del resto de ramas se habrían creado más de 100 empleos (véase figura 2.4).

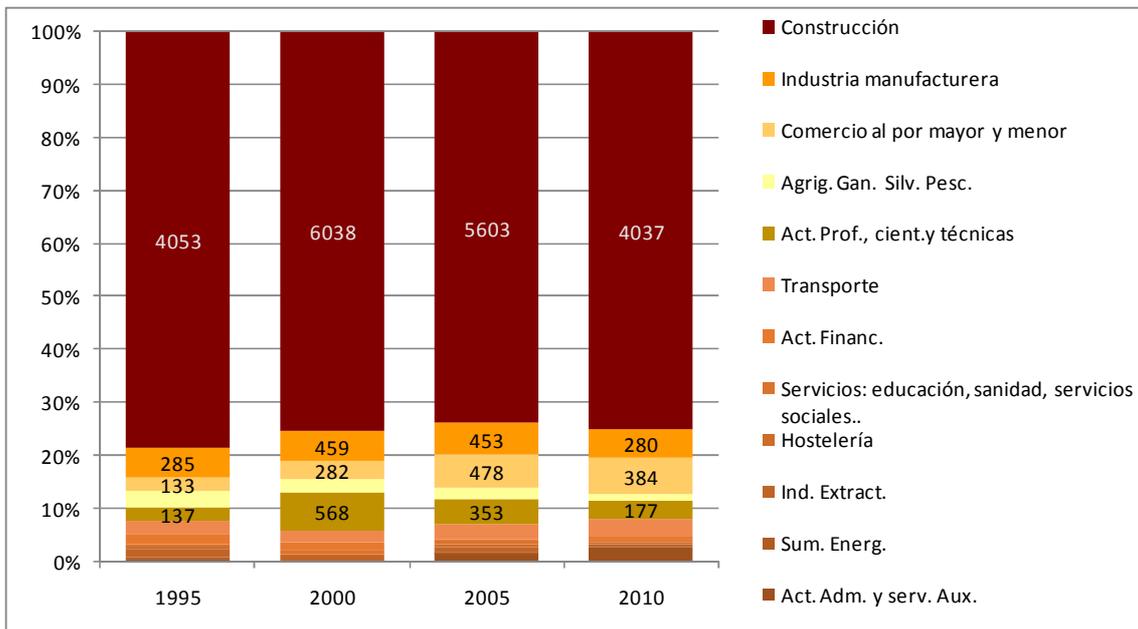
En el resto de los años, en el caso del INE es la industria manufacturera la mayor beneficiaria de la creación de empleo originado por la inversión en las carreteras asturianas y las estimaciones entre SADEI e INE son considerables. Nótese que esta rama, como se puede comprobar en el anexo II, incluye un considerable número de actividades y abarca desde las industrias cárnica y láctea a la industria textil y de cuero hasta las actividades de metalurgia y de fabricación de productos metálicos, actividades en las que para conseguir el mismo output, se precisa más empleo como reflejan los coeficientes técnicos analizados. Estas diferencias en la relación empleo/output hacen que los efectos sobre el resto de actividades sean menores en el caso de la economía asturiana y que su mayor repercusión, tras el producido en el propio sector de la construcción se encuentre en actividades como el comercio o las actividades profesionales que requieren una intensidad de trabajo menor que otras ramas como la industria manufacturera.

Figura 2.3. Empleo generado por sectores. INE



Fuente: elaboración propia a partir de cálculos de las TIO INE.

Figura 2.4. Empleo generado por sectores. SADEI



Fuente: elaboración propia a partir de cálculos de las TIO SADEI.

4.2. Efectos sobre el valor añadido

Siguiendo el mismo esquema de análisis realizado para el empleo, se investiga ahora el efecto sobre el valor añadido bruto.

Tabla 2.5. Efectos multiplicadores de la construcción sobre el nivel VAB, agregación a 12 ramas

	Nivel de inversión (millones de euros)	Efecto multiplicador (<i>m_j</i>)		VAB total generado (personas)		Porcentaje sobre el VAB total regional	
		INE	SADEI	INE	SADEI	INE	SADEI
1995	191,17	0,837	0,633	165,14	121,02	1,7%	1,2%
2000	334,26	0,781	0,699	261,03	234,00	2,1%	1,9%
2005	433,01	0,818	0,691	354,36	299,24	2,0%	1,7%
2010	344,81	0,837	0,747	288,52	257,75	1,4%	1,3%

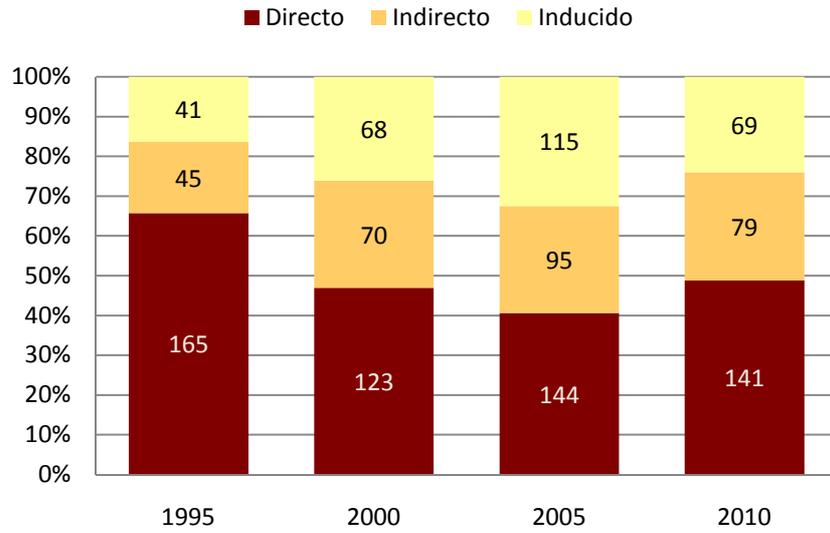
Fuente: elaboración propia a partir de TIO SADEI y TIO INE, varios años. Inversión: FBBVA y IVIE.

El multiplicador del VAB obtenido ronda valores en torno a 0.8 en el caso del INE y 0.7 en el caso de SADEI. Estas cifras indicarían que por cada millón invertido en el sector de la construcción se habría generado un VAB de 0,8 millones siguiendo las tablas del INE y de 0.7 millones siguiendo las de SADEI.

Los valores totales obtenidos fluctúan entre un mínimo de 121 millones de euros originados en 1995 siguiendo las tablas de SADEI (lo que representa en torno al 1.2% del VAB total regional), y un máximo de 354 millones en 2005 (en torno al 2% VAB regional). En 1995 casi un 70% son efectos directos, esto es, que recaen en el propio sector de la construcción, mientras que en el resto de los años baja a un 50% tanto con las tablas de SADEI como las de INE (figuras 2.5 y 2.6).

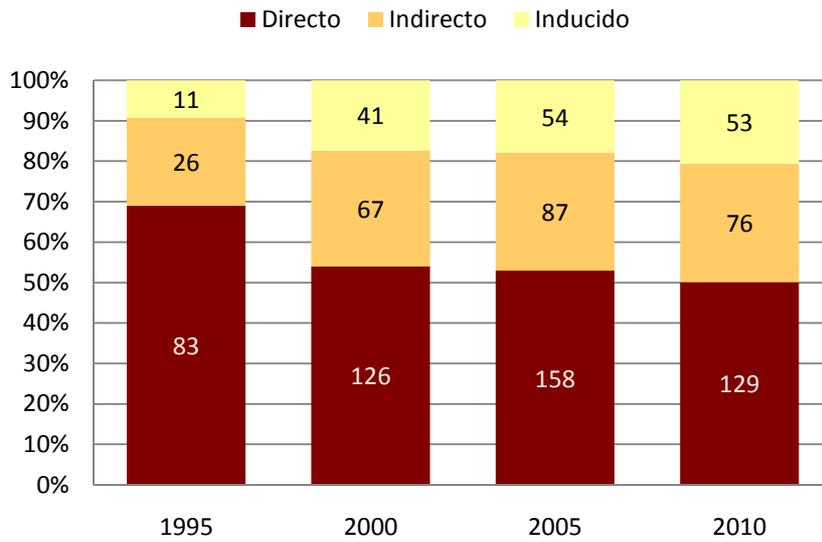
En general, los comentarios hechos cuando se comenta el efecto por rama de actividad en el apartado dedicado al empleo son aplicables al VAB.

Figura 2.5. VAB generado. INE



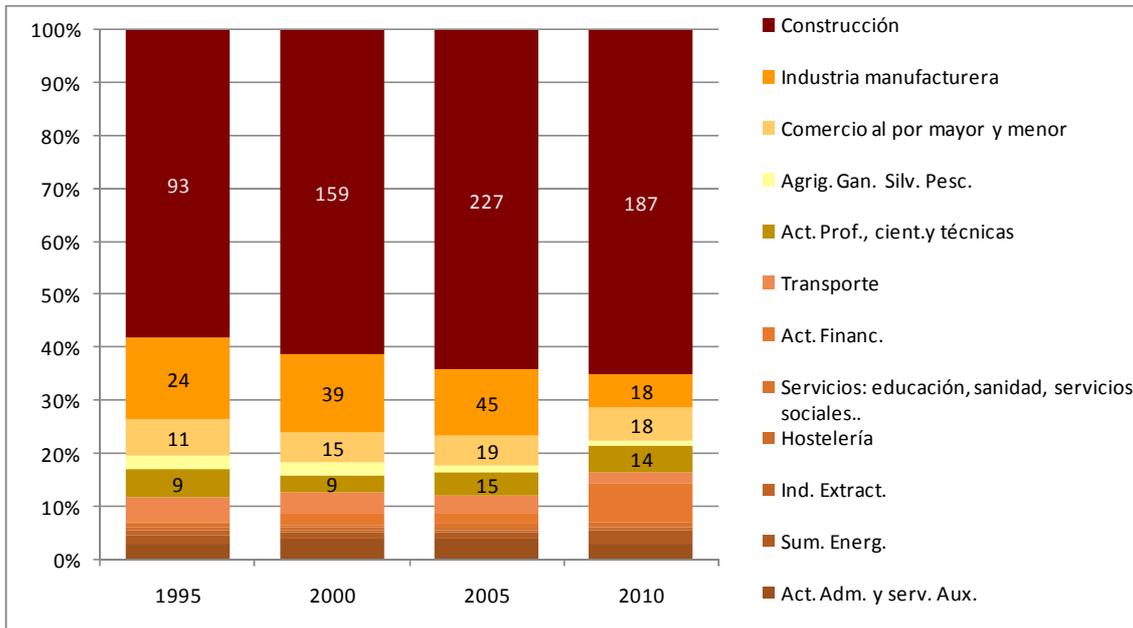
Fuente: elaboración propia a partir de cálculos de las TIO INE.

Figura 2.6. VAB generado. SADEI



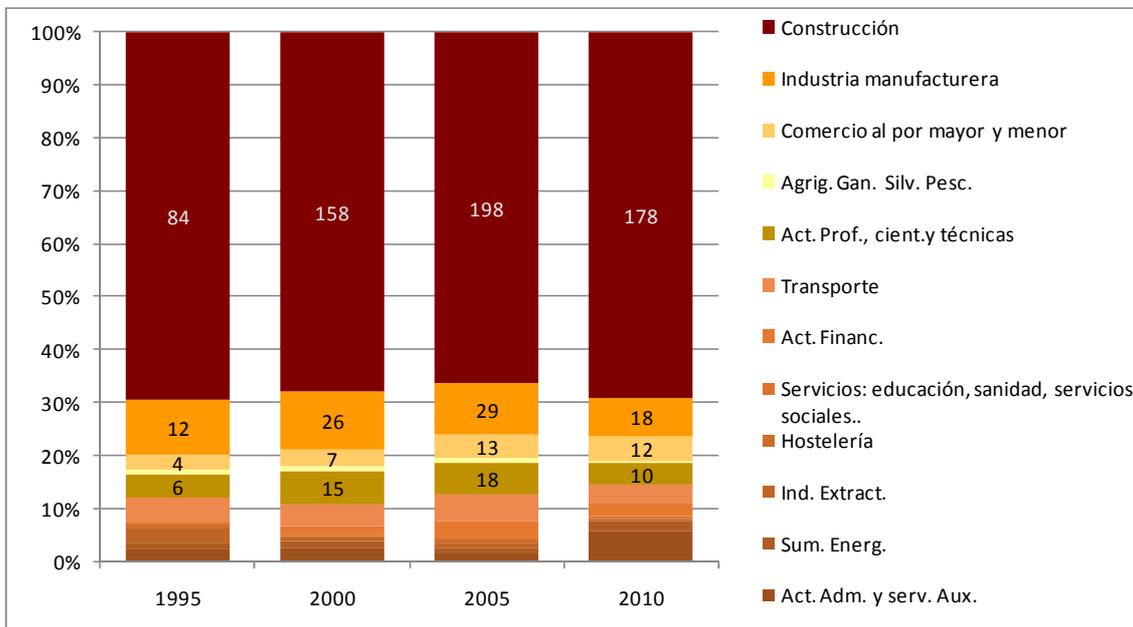
Fuente: elaboración propia a partir de cálculos de las TIO SADEI.

Figura 2.7. VAB por sectores. INE



Fuente: elaboración propia a partir de cálculos de las TIO INE.

Figura 2.8. VAB por sectores. SADEI



Fuente: elaboración propia a partir de cálculos de las TIO SADEI.

La relevancia de las cifras obtenidas tanto de VAB como de empleo se puede observar en contraste con los resultados a los que se ha llegado siguiendo un enfoque en otros trabajos sobre infraestructuras.

En esta línea de trabajo, Babcock y Leatherman (2011) usan una metodología input-output para analizar el efecto de la mejora de la cinco autovías y puentes en el estado de Kansas (EEUU), lo que supuso en torno a 5.217 millones de dólares, y encuentran que por cada euro que se incrementa el valor de la inversión destinada a la mejora de esas carreteras, la producción total de Kansas se incrementa en 1,74 dólares. Con respecto al multiplicador del valor añadido, por cada dólar que se destina a las empresas de construcción que llevan a cabo esas obras, el valor añadido total de Kansas se incrementa en 1,78 dólares y por cada millón de euros invertidos en carreteras, el empleo total se incrementa en 1,91 puestos de trabajo.

En el caso de España se han llevado a cabo trabajos similares y se han obtenido estimaciones más modestas que las obtenidas para la economía asturiana. Así se ha analizado el impacto económico de las inversiones del Corredor ferroviario Mediterráneo en la Comunidad Valenciana y Cataluña (Camisón et al. 2012). En dicho trabajo se estima que, con un montante total de 5.405 millones de euros, esta inversión llevaría asociado un incremento de 68 millones de euros. El impacto sobre el empleo en La Comunidad Valenciana se estima en la creación de 16.000 puestos de trabajo al año, y para el período 2011-2014 un total que supera los 64.000 empleos. Este empleo de nueva creación significa aproximadamente el 2,9% de la población activa y el 10,7% del desempleo de la Comunidad Valenciana. En términos de VAB el efecto sobre la sería de 3.788 millones de euros, que supone el 4,06% del valor añadido bruto autonómico y el 3,86% del PIB regional según datos de 2010.

El impacto de las inversiones realizadas en la construcción del Corredor tendría mayor impacto sobre la Comunidad Valenciana que sobre Cataluña, lo que los autores achacan a las diferencias en el tamaño de las economías regionales. Se prevé un incremento del 1,94% del PIB regional, el 1% de su valor añadido, el 0,7% de su población activa y el 3,7% de desempleo.

En el caso de la economía asturiana el hecho de que se crearan entre 5.000 y 8.000 empleos anuales desde 1995 por la inversión en infraestructuras, no parece una cifra desdeñable, teniendo en cuenta las características de la estructura económica de la región, marcada por una constante pérdida de puestos de trabajo en las últimas décadas. Cuando Hernández, Blanco y Mato (1995) analizaban el impacto macroeconómico que tendrían los Fondos Estructurales en la economía asturiana (los recibidos en el período 1989-1993), predecían que la inversión en infraestructuras de transportes y comunicaciones tendría su mayor impacto en la creación de

empleo y valor añadido en el sector industrial y de la construcción, datos que ahora se demuestran con los resultados obtenidos¹⁶.

4.3. Efectos ambientales

Las evaluaciones de impacto ambiental constituyen una técnica generalizada en todos los países industrializados, recomendada de forma especial por los organismos internacionales y particularmente por el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, la OCDE y la Unión Europea que, reiteradamente, a través de los programas de acción, las han reconocido como el instrumento más adecuado para la preservación de los recursos naturales y la defensa del medio ambiente, hasta el punto de dotarla de una regulación específica¹⁷.

En España, ya desde 1986, los proyectos de infraestructuras, y en particular, la construcción de autopistas y autovías, vías rápidas y carreteras convencionales de nuevo trazado, las actuaciones que modifiquen el trazado de autopistas, autovías, vías rápidas y carreteras convencionales así como la ampliación de carreteras convencionales que impliquen su transformación en autopista, autovía o carretera de doble calzada, siempre que sea en una longitud continuada de más de 10 kilómetros, están sujetos a una regulación que trata de preservar el valor ambiental del territorio sobre el que se pretende actuar.

Así, el Real Decreto legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental, y su Reglamento de ejecución, aprobado por Real Decreto 1131/1988, de 30 de septiembre¹⁸, establecen la obligación de formular Declaración de Impacto Ambiental¹⁹, con carácter previo a la resolución administrativa que se adopte para la realización o, en su caso, autorización de la obra, de todas una serie de actuaciones comprendidas en los anexos a las

¹⁶ Hernández et al. (1995) estimaban que los Fondos Estructurales en el período 1989-1993 generarían 26.000 empleos con un coste aproximado de 24.000 euros por cada nuevo empleo. Los resultados obtenidos por año en este trabajo son consonantes con este trabajo.

¹⁷ Actualmente la evaluación ambiental en Europa está regulada por la Directiva 2014/52/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de abril de 2014, por la que se modifica la Directiva 2011/92/UE, relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente Texto pertinente a efectos del EEE

¹⁸ El Real Decreto legislativo 1302/1986, de 28 de junio, con posteriores modificaciones, estuvo vigente hasta 2008. En la actualidad es la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental. El Estado tiene competencia exclusiva en materia de legislación básica sobre protección del medio ambiente, sin perjuicio de las facultades de las comunidades autónomas de establecer normas adicionales de protección (artículo 149.1.23.ª de la Constitución).

¹⁹ Según el artículo 1 de dicho real Decreto, la evaluación del impacto ambiental identificará, describirá y evaluará de forma apropiada, en función de cada caso particular y de conformidad con este Real Decreto Legislativo, los efectos directos e indirectos de un proyecto sobre los siguientes factores: el ser humano, la fauna y la flora; el suelo, el agua, el aire, el clima y el paisaje. Los bienes materiales y el patrimonio cultural. La interacción entre los factores mencionados anteriormente.

citadas disposiciones, entre ellos la construcción de autopistas y modificación de carreteras señalado anteriormente.

En respuesta a esa obligación, el trazado y la construcción de las principales infraestructuras que vertebran el Principado estuvieron afectadas a dicha regulación de Declaración de Impacto Ambiental. En Asturias tiene especial relevancia puesto que una gran parte del territorio asturiano está protegido por figuras de protección ambiental como el de reserva de la biosfera (Asturias tiene 6 lugares declarados reserva de la biosfera, lo que supone el 22,6% del suelo asturiano), lugar de interés comunitario (49 lugares, 29,5% del suelo), o Parque Natural (5 Parques Naturales, que supone el 15,82% de la superficie). Este hecho hace que cualquier actuación sea relevante por el impacto ambiental que pueda tener.

Atendiendo a dicha obligación los proyectos de obra de la Autovía del Cantábrico, y también el de la Autovía A-63 de Oviedo a la Espina estuvieron sometidos a una evaluación de impacto que además lleva consulta a diferentes organismos y asociaciones y un período de información pública. Las Declaraciones de Impacto ambiental exigen que entre las alternativas de trazado propuestas se elija la más favorable desde el punto de vista ambiental, además de imponer una serie de obligaciones en su construcción como es la necesidad de preservar el ecosistema y la integración paisajística de las carreteras en el territorio.

Los informes de impacto ambiental, publicados en el Boletín Oficial del Estado²⁰, suponen una fuente de información extensa y concisa sobre las particularidades ambientales del territorio que atraviesan y las amenazas ambientales que suponía el trazado de una carretera por la zona.

Dada la existencia de estos informes en esta investigación se considera conveniente hacer una mera referencia a la existencia previa de esa regulación que asegura, en parte, que el estudio ambiental está cubierto y dedicar un esfuerzo a valorar otros efectos no analizados, como es el efecto que ha tenido la construcción de carreteras en la emisión de CO₂. La cuantificación de estas emisiones se ha convertido en un aspecto cada vez más relevante dado el gran consenso científico sobre el efecto de estos gases sobre el calentamiento global (Boitier, 2012).

²⁰Para un análisis más detallado del impacto ambiental de la Autovía del cantábrico se puede consultar el El BOE 23 de junio de 1993 en la que se hace público los estudios informativos de la autovía del Cantábrico en los tramos LLovio-Villaviciosa y Villaviciosa Arroes y Unquera-LLovio y también el tramo LLovio-Lieres y Villaviciosa-Lieres. El BOE» núm. 29, de 3 de febrero de 2006, declaración de impacto ambiental sobre la evaluación del estudio informativo «Autovía del Cantábrico A-8. Tramo: Unquera-LLanes (Asturias)», el BOE núm. 162, de 8 de julio de 2011, sobre la evaluación de impacto ambiental del proyecto Alternativa al proyecto de construcción de la Autovía del Cantábrico A-8, tramo Unquera-Pendueles, Asturias. o el BOE» núm. 280, de 21 de noviembre de 2011 sobre la evaluación de impacto ambiental del proyecto Autovía A-63. Tramo: Cornellana- Salas (Asturias).

En este trabajo se parte de la premisa de que la construcción de carreteras supone el consumo de recursos, incluyendo recursos energéticos, y con ello la emisión de gases contaminantes como el CO₂ y gases causantes del efecto invernadero (Druckman y Jackson, 2009).

Siguiendo el enfoque anteriormente utilizado para analizar los efectos sobre el VAB y el empleo, se puede analizar de una forma sencilla el efecto de dicha inversión en la emisión de CO₂.

La World Input-Output database²¹, (en adelante, WIOD) ofrece una estimación desde 1995 del total de CO₂ emitido por las diferentes ramas de actividad de la economía, lo que permite tomar sus estimaciones de ratios de CO₂ por unidad de output para obtener matrices de multiplicadores **M** con los que calcular efectos multiplicadores como los definidos en (11). Los datos obtenidos muestran un valor multiplicador cada vez más bajo, esto es por cada millón invertido cada vez se genera menos CO₂. Así, según las estimaciones realizadas, mientras que en 1995 por cada millón de euros invertidos en carreteras se generaría 0,119 kilotoneladas (Kt) de CO₂ en el total de la economía española, en 2010 este valor se reduciría hasta 0,044. El peso de emisiones de CO₂ originadas por la inversión en Asturias supondría tan sólo un 0,03% del total de CO₂ en España y no más de un 0,04% en el peor de los casos (2000) del total generado por el sector de la construcción (tabla 2.6). Cuando se utiliza la tabla de SADEI los resultados son aún más bajos, en el peor de los casos, 1995, por cada millón invertido se generarían 0,094 kilotoneladas de CO₂.

Tabla 2.6. Efectos multiplicadores de la construcción sobre el nivel de CO₂, agregación a 12 ramas

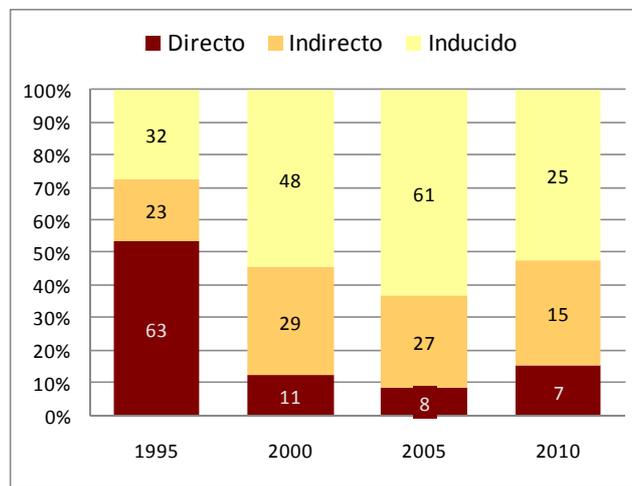
	Nivel de inversión (millones de euros)	Efecto multiplicador (<i>m.j</i>)		CO ₂ total generado (Kt)		Porcentaje sobre el CO ₂ total	
		INE	SADEI	INE	SADEI	INE	SADEI
1995	191,17	0,119	0,094	63,14	40,33	0,03%	0,01%
2000	334,26	0,086	0,069	87,54	58,85	0,04%	0,02%
2005	433,01	0,062	0,060	96,35	61,34	0,03%	0,02%
2010	344,81	0,044	0,041	47,40	35,10	0,03%	0,02%

Fuente: elaboración propia a partir de cálculos de las tablas SADEI y niveles de CO₂ calculados en las tablas WIOD.

²¹Una base de datos de tablas input-output mundial construida a partir de información de las tablas input output nacionales según las normas del Sistema Nacional de Cuentas (Timmer et al. 2015). Esta base de datos, de acceso gratuito, tiene la ventaja de que ofrece información homogénea año a año desde 1995 hasta 2011 para 40 países, los 27 de la Unión Europea y 13 otras grandes economías: Australia, Brasil, Canadá, China, India, Indonesia, Japón, México, Rusia, Corea del Sur, Taiwan, Turquía y EEUU. Además ofrece una estimación del resto del mundo que para los que dichas tablas no fueron calculadas de forma específica. Además se provee una estimación para el valor añadido generado en el resto del mundo no cubierto por lo que con ello se ofrece información a nivel mundial. Incluye datos para 35 sectores con los que se cubre toda la economía, incluyendo agricultura, minería, construcción, servicios y 14 ramas de la industria y 17 ramas de servicios.

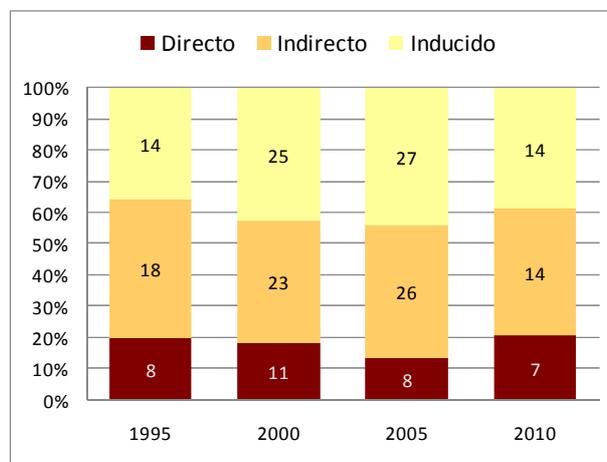
Cuando se hace la descomposición del efecto total en efectos directos, indirectos e inducidos, se encuentran notables diferencias entre el año 1995 y el resto de años estudiados. Mientras que en el año 1995 algo más del 50% de la emisión de CO₂ generada viene del propio sector de la construcción, en el resto de los años esa cifra se reduce a entre un 10% y un 15%. Y son los efectos inducidos, con una participación superior al 50% los que tienen mayor peso en la emisión de CO₂ (figura 2.9). Los resultados obtenidos son acordes con otros estudios (Nässén et al. 2007) en un análisis sobre la emisión de CO₂ como consecuencia de la construcción de edificios residenciales en Suecia, estimaban que aproximadamente el 23% del total de las emisiones de CO₂ venían del propio sector de la construcción.

Figura 2.9. Efectos directos, indirectos e inducidos sobre el CO₂ INE



Fuente: elaboración propia a partir de cálculos de las tablas INE y niveles de CO₂ calculados en las tablas WIOD.

Figura 2.10. Efectos directos, indirectos e inducidos sobre el CO₂ SADEI



Fuente: elaboración propia a partir de cálculos de las tablas SADEI y niveles de CO₂ calculados en las tablas WIOD.

Por sectores, adquiere un peso importante el efecto sobre suministro de energía, vapor y agua, sólo superada por el peso que tiene en general la industria manufacturera, que genera casi el 40% de las emisiones de CO₂ y el propio sector de la construcción (figuras 2.11 y 2.12).

Figura 2.11. Emisiones de CO₂ por ramas de actividad (kt). INE

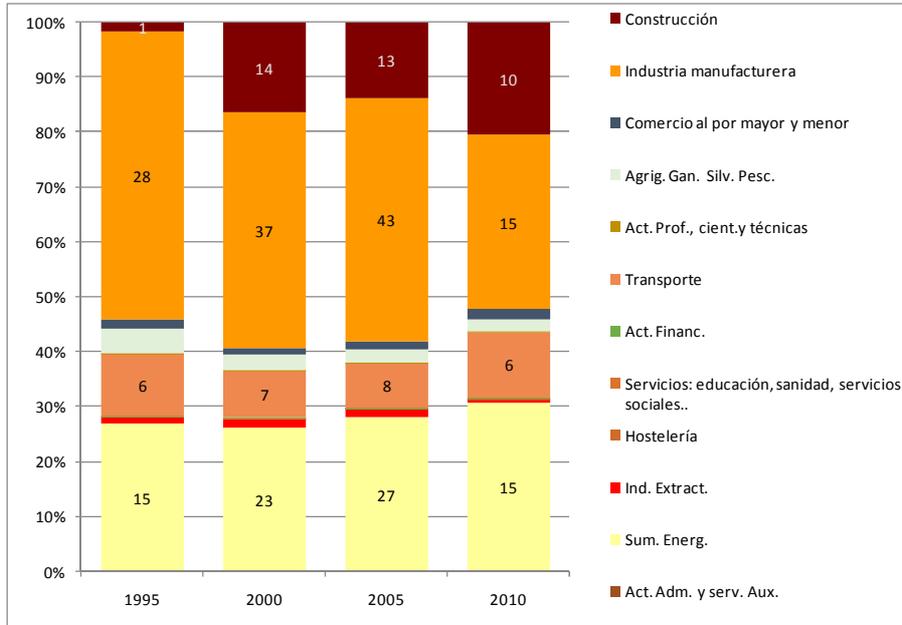
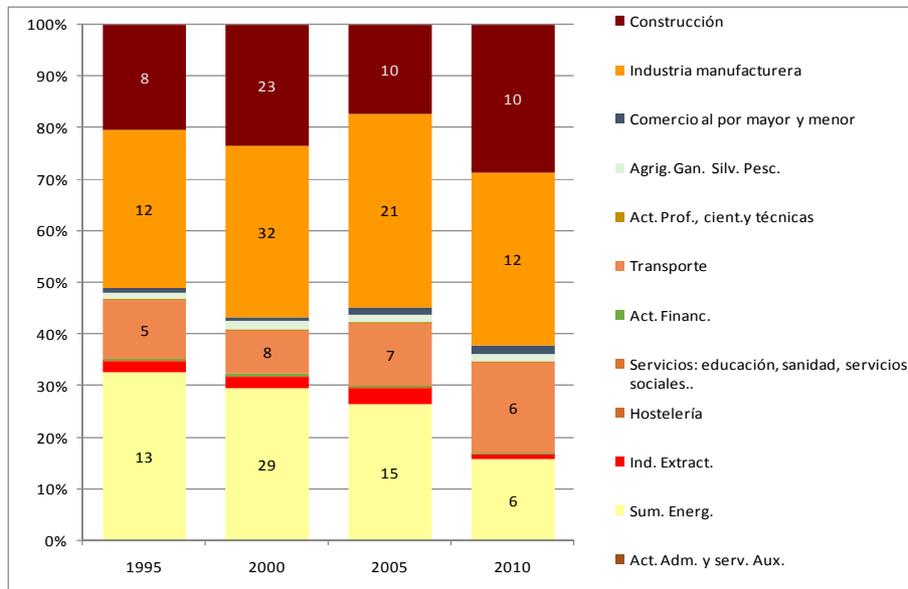


Figura 2.12. Emisiones de CO₂ por ramas de actividad (kt). SADEI



Fuente: elaboración propia a partir de cálculos de las TIO INE y niveles de CO₂ calculados en las TIO WIOD.

5. Conclusiones

En este capítulo se han analizado los efectos inmediatos de la inversión en infraestructuras. Esto es, los efectos generados por el mero hecho de producirse la propia construcción de la autovía. Se ha tratado de describir cómo la construcción genera un proceso que se extiende a diferentes ramas de actividad, con el consiguiente incremento de empleo, VAB y dióxido de carbono, haciendo uso de la metodología input-output y de los datos que ofrecen las tablas de la economía regional y española calculados por la Sociedad Asturiana de Estudios Económicos e Industriales (SADEI) y el Instituto Nacional de Estadística (INE) respectivamente.

Se ha de recordar que la metodología input-output está sometida a las limitaciones inherentes a su propia naturaleza: es un modelo lineal que no contempla la sustitución de factores ni economías de escala, asume que la estructura productiva es constante y no se ve afectada por la inversión realizada. No obstante, aun conociendo sus limitaciones, las tablas input-output siguen siendo la principal herramienta que existe para conocer los efectos de una determinada inversión y como esta origina efectos sobre el resto de actividades productivas.

En esta investigación han sido útiles para hacer la estimación del empleo que ha requerido la construcción en carreteras y qué ha supuesto para el VAB regional y para el medio ambiente, analizando este último caso a través de las emisiones de dióxido de carbono al medio ambiente.

Partiendo de las tablas input-output calculadas por el INE para la economía nacional y por SADEI para la economía regional, en ambos casos para los años 1995, 2000, 2005 y 2010, y a un nivel de desagregación de más de 60 ramas de actividad, éstas han sido reagrupadas hasta un total de 12 ramas de actividad y se ha calculado los coeficientes técnicos y los efectos multiplicadores sobre producción, empleo, VAB y emisión de CO₂ para ambos casos economía nacional y economía regional.

Los valores multiplicadores obtenidos son más bajos para el caso de SADEI, no obstante, los cálculos obtenidos en una tabla y otra no son muy diferentes. En el caso del empleo se estima la creación de entre un mínimo de 5.164 empleos en 1995 según tablas de SADEI a un máximo de 8.670 que se obtienen en 2005 con las tablas de INE. Extendiendo el análisis al período 1995-2012, utilizando las tablas correspondientes (aplicamos la inversión en los años intermedios a la tabla del año más próximo) se obtiene un total que ronda los 114.000 empleos. Ha de remarcar que los multiplicadores no se refieren al número de puestos de trabajo creados, sino a los requerimientos de empleo proporcionales a la estructura productiva estimada en el modelo que plantea la tabla input output correspondiente.

Más de la mitad de los empleos generados, siguiendo los resultados de las tablas input-output, se habrían creado en el propio sector de la construcción, y los demás se repartieron principalmente entre las ramas de la industria manufacturera, el comercio y las actividades profesionales y en ambos casos son estas las principales ramas de actividad que se benefician, de forma indirecta, de la inversión en carreteras en Asturias.

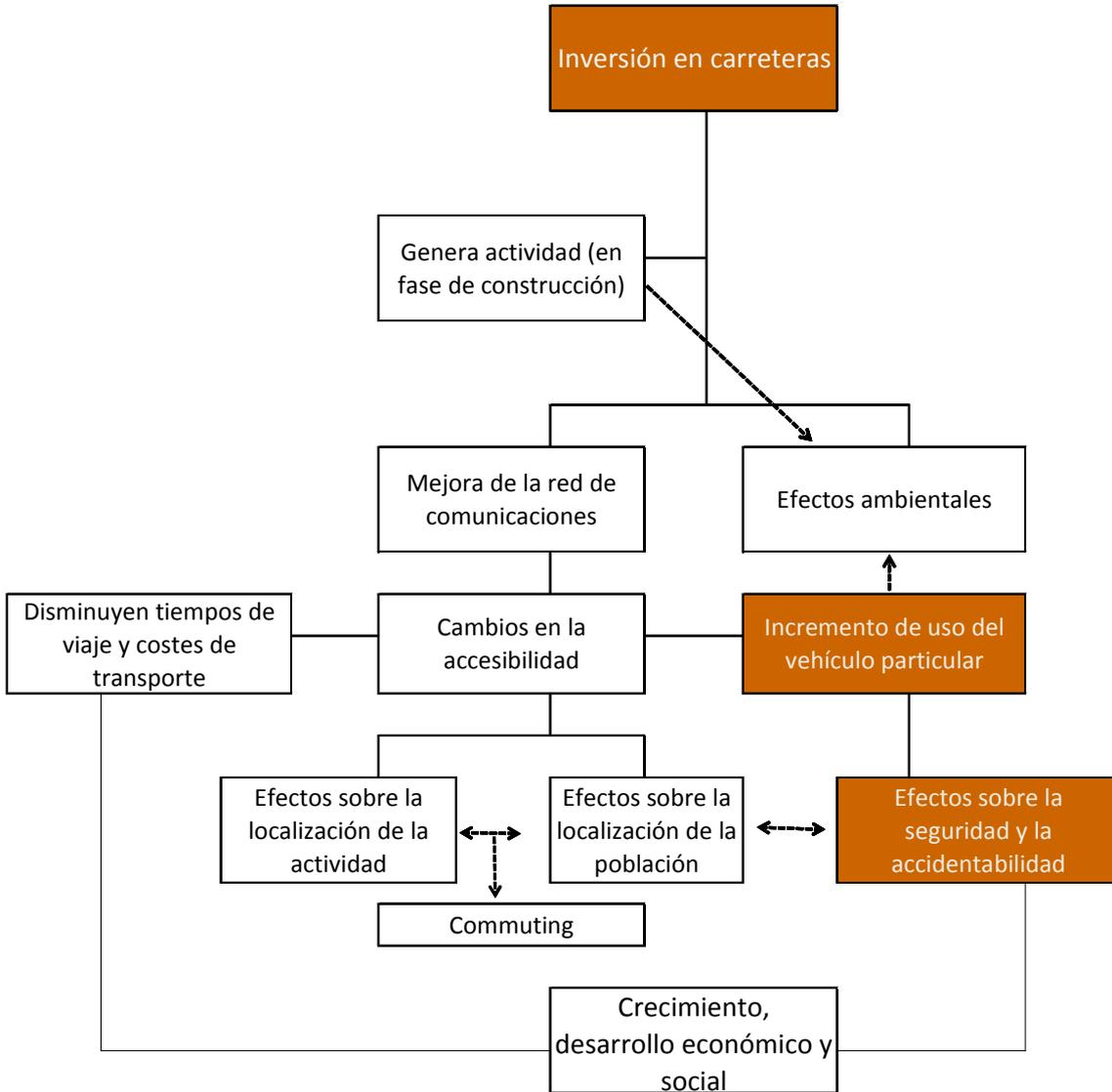
En términos de VAB, ocurre algo similar al caso del empleo, ofrece cifras que suponen en torno al 2% del VAB regional. En este caso la repercusión de forma directa sobre el sector de la construcción es mayor que en el caso del empleo, pues supone en torno al 70% del VAB generado lo haga de forma directa en el propio sector de la construcción.

Igualmente las tablas input output han permitido hacer un análisis sobre las emisiones de CO₂ durante la fase de la construcción. En este caso, se ha valores muy pequeños de emisiones como consecuencia de la construcción.

Este análisis ofrece una idea de la importancia que ha supuesto la inversión en carreteras por el mero hecho de su construcción, y también muestra el peso que ha tenido para la economía asturiana, tanto en términos macroeconómicos como en términos de empleo y en términos medio ambientales.

Ahora es necesario analizar la capacidad de la sociedad y de los sectores productivos de aprovechar esas mejoras. Por ello esta tesis prosigue analizando otros tipos de efectos, siguiendo el esquema de efectos con el que se dio comienzo a esta tesis, y más en concreto con los siguientes efectos más inmediatos, los que tienen que ver con el cambio en la accidentabilidad y de la accesibilidad que se analizan en los siguientes capítulos.

**CAPÍTULO III. EFECTOS SOBRE LA
ACCIDENTABILIDAD**



Fuente: elaboración propia a partir de Banister y Berechmann, 2001.

"Cada muerto o herido grave como consecuencia de un accidente de carretera es una víctima que debería haberse evitado. A lo largo de las últimas décadas hemos obtenido resultados impresionantes en la reducción de los accidentes de tráfico con víctimas mortales, pero el estancamiento actual es alarmante. Si Europa quiere alcanzar su objetivo de reducir a la mitad las muertes en carretera de aquí a 2020, es necesario hacer mucho más. Insto a los Estados miembros a que intensifiquen su labor coercitiva y de sensibilización. Esto puede tener un coste, pero ese coste es insignificante frente a los 100.000 millones de euros que cuestan a la sociedad los accidentes de tráfico mortales y con heridos"

Violeta Bulc, Comisaria Europea de Transportes, 2016

1. Introducción

Uno de los efectos más directos de las infraestructuras de carretera es el concerniente al impacto que éstas tienen sobre la accidentabilidad. La literatura disponible y la evidencia empírica reflejan, por lo general, un efecto positivo de la mejora de las condiciones de carretera sobre la disminución de accidentes y de las víctimas mortales. Sin embargo, conocer los efectos reales de la construcción de una nueva infraestructura frente a los efectos de otras medidas y políticas llevadas a cabo en materia de seguridad sigue siendo hoy un reto de investigación.

Este capítulo hace un repaso de los cambios en la accidentabilidad en los últimos años así como de la literatura que ha surgido para explicar la relación entre seguridad vial y construcción de carreteras; seguidamente, examina los efectos causales de una nueva carretera sobre la accidentabilidad y la siniestralidad a través de un experimento natural realizado a partir de los datos de accidentes ocurridos en el tramo de carretera que transcurre entre Unquera (Santander) y Llovio (Ribadesella). El hecho de poder disponer de este caso de estudio donde existen dos zonas similares, únicamente diferenciadas por el retraso en la construcción de la autovía en una de ellas, permite aportar una medida del impacto de una autovía sobre ambas variables de interés haciendo uso de la metodología cuasi-experimental.

Con esta investigación se pretende contribuir a la línea de análisis que aborda la influencia de las infraestructuras sobre la accidentabilidad aportando, además de un caso de estudio centrado en Asturias, un método de trabajo que, como se describirá en este capítulo, cada vez tiene más fuerza en las ciencias sociales y, en particular, en la investigación económica.

2. Los cambios en la accidentabilidad en las dos últimas décadas

Durante las últimas décadas ha habido un considerable incremento de investigaciones sobre seguridad vial, en campos tan diversos como la ingeniería, la economía, las políticas públicas y la salud. El florecimiento de esta literatura es una de las consecuencias de un creciente interés en conocer los factores que tienen un mayor impacto sobre la seguridad vial (Egan, Petticrew, Ogilvie, y Hamilton, 2003). Al mismo tiempo este es un requisito de la sociedad, cada vez más consciente del problema que los accidentes suponen en términos de costes humanos y daños personales tanto para la economía nacional (Elvik, 1995, 2000) como para la propia sociedad, por los daños psicológicos que un accidente de tráfico acarrea en el entorno social de la víctima (Reynolds, 1956).

En una encuesta europea llevada a cabo en 2010 en la que se pregunta a los ciudadanos de la Unión Europea sobre su percepción de los problemas existentes en materia de seguridad vial, la mejora de las infraestructuras viales aparecía como la primera de las medidas sobre las que los gobiernos nacionales deberían centrarse para mejorar la seguridad en las carreteras. Hasta el 52% del total de los encuestados declaró que se trata de una primera o segunda prioridad, muy por delante de otras políticas también importantes, como mejorar la aplicación de las leyes de tránsito, introducir ciclos periódicos de formación de los conductores o lanzar campañas de sensibilización sobre la seguridad.

A pesar de que el número total de muertes por accidentes de tráfico es aún muy alta pues se sitúa en la cifra 1,25 millones al año según los datos proporcionados por el Organización Mundial de la Salud (WHO, 2015) y aún hoy es la primera causa de muerte entre las personas de 15 a 29 años, la seguridad vial ha mejorado en las últimas décadas, especialmente en los países más desarrollados. Siguiendo los datos aportados en el mismo informe de la Organización Mundial de la Salud, las tasas de mortalidad por accidentes de tráfico más altas se dieron en los países con una renta per cápita menor.

En el caso de España, los datos oficiales muestran que el número de víctimas de accidentes de tráfico alcanzó un mínimo histórico en 2013, con 1.128 muertes. Esto significa una disminución del 80 por ciento desde el año 1989, cuando se registró el histórico máximo de 5.940 víctimas. También significa que el orden de magnitud de las víctimas de la carretera es similar al de los años sesenta, cuando el número de coches en España era aproximadamente 31 veces menor de lo que es hoy.

Los accidentes en carretera, además de los daños materiales y sociales, conllevan un importante coste, pues implican gastos en servicios de emergencias (policía, bomberos, ambulancias, etc), costes médicos y hospitalarios, costes de rehabilitación por las secuelas de las lesiones, y costes

materiales. También implican costes indirectos derivados de la pérdida de productividad originada por la ausencia en el trabajo tanto por fallecimiento del herido como por que la víctima del accidente tenga que someterse a un programa de rehabilitación (García Altés y Pérez, 2007).

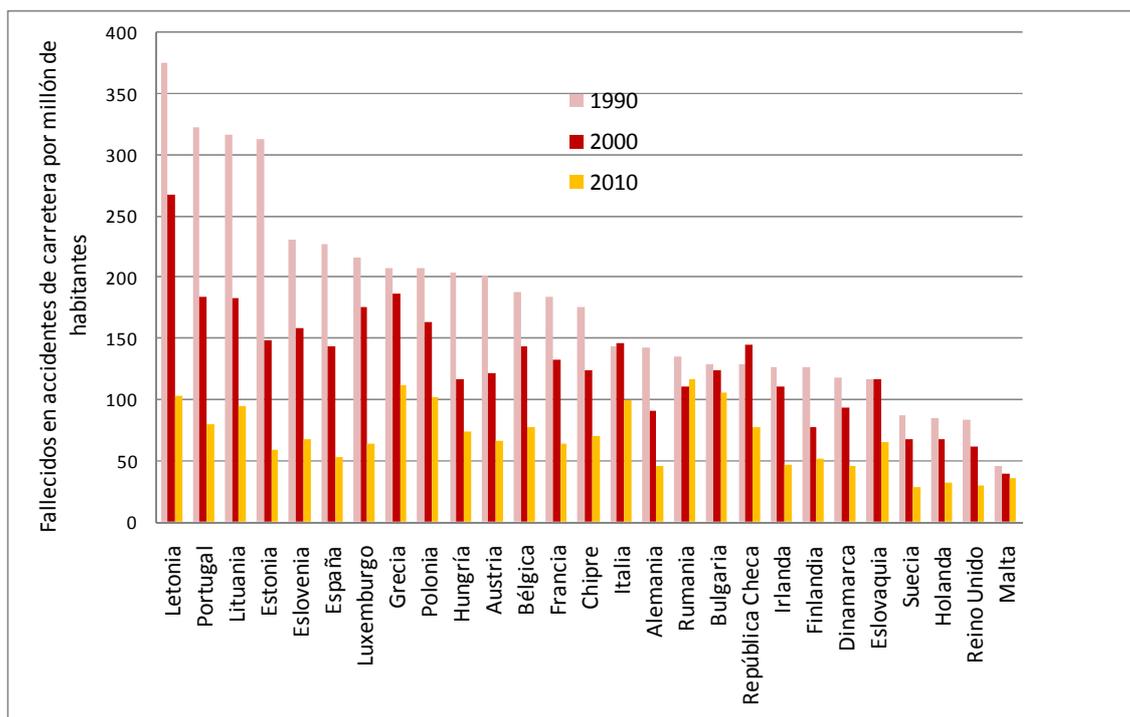
Bastida et al. (2004), a través de un método de trabajo basado en el coste de la enfermedad, obtienen que, para el año 1997, para el caso de España el coste total de los accidentes de tráfico fue de 6.280,36 millones de euros, lo que representa el 1,35% del Producto Nacional Bruto. Los costes directos, esto es, los relacionados con daños materiales según los datos de los seguros de accidentes y del registro hospitalario, ascendían a 3.397,00 millones de euros. Los costes indirectos, esto es, los derivados de la pérdida de productividad, ascendían a 2.883,36 millones de euros. La Dirección General de Tráfico estima que para España, en 2012, el coste asociado a cada víctima en accidente de tráfico es el siguiente: 1,400.000 € por cada muerto en carretera y 219.000 € por cada herido grave. Son valores muy similares a los que se tiene en Europa, pues a nivel europeo se fijan los costes sociales en 1,300.000 € para el caso de los muertos y en 176.000 € para el caso de los heridos graves.

Dada la importancia de estas cifras, en el siguiente apartado se ofrece una descripción de cómo ha evolucionado el número total de accidentes y víctimas de accidentes de tráfico en los últimos años, tanto en los países europeos como en las provincias españolas.

2.1. La evolución de la accidentabilidad en carretera

La figura 3.1 muestra, para el caso de los países pertenecientes a la Unión Europea, el número de fallecidos en accidentes de carretera por millón de habitantes en tres períodos diferentes: 1990, 2000, y 2010. En esta figura se aprecia como en el año 1990 son Lituania, Letonia y Estonia junto a España y Portugal los países que presentaban los valores más altos de fallecidos en accidentes de carretera por millón de habitantes, mientras que Suecia, Holanda o Reino Unido estaba entre los que presentaban los valores más bajos. Sin embargo esta situación se revertió hasta el punto de que ahora los países presentan valores muy similares.

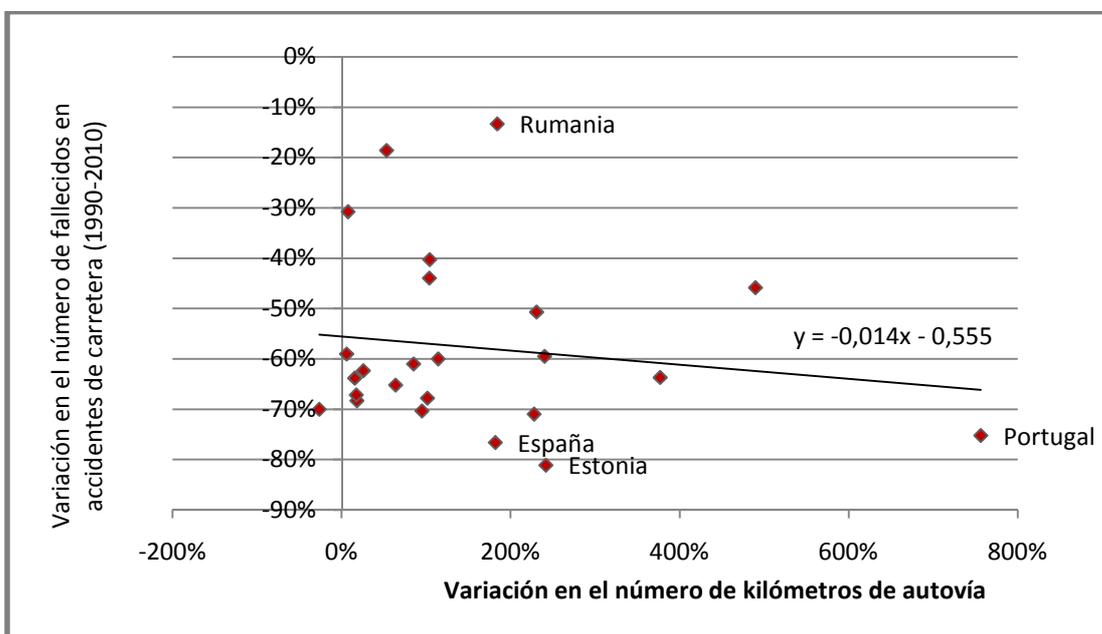
Figura 3.1. Número de personas fallecidas en carretera por millón de habitantes (1990, 2000, 2010)



Fuente: elaboración propia a partir de datos de Eurostat. Orden de mayor a menor en 1990.

Si se relaciona la variación del número de fallecidos en carreteras con la variación del número de kilómetros de autovía, se encuentra una relación directa entre incremento en el número de vías de alta capacidad y disminución de la accidentabilidad: cuanto mayor es el incremento en la red de autovías, mayor es la disminución en el número de fallecidos (véase figura 3.2). Los países donde más ha disminuido el número de muertos en carretera, son Grecia, Portugal, España, Estonia, países que, retomando la información aportada en el primer capítulo, presentaban en el año 2010 algunos de los valores más altos en cuanto a densidad de vías de alta capacidad (esto es kilómetros de autovías, vías rápidas y autopistas por cada mil kilómetros de superficie).

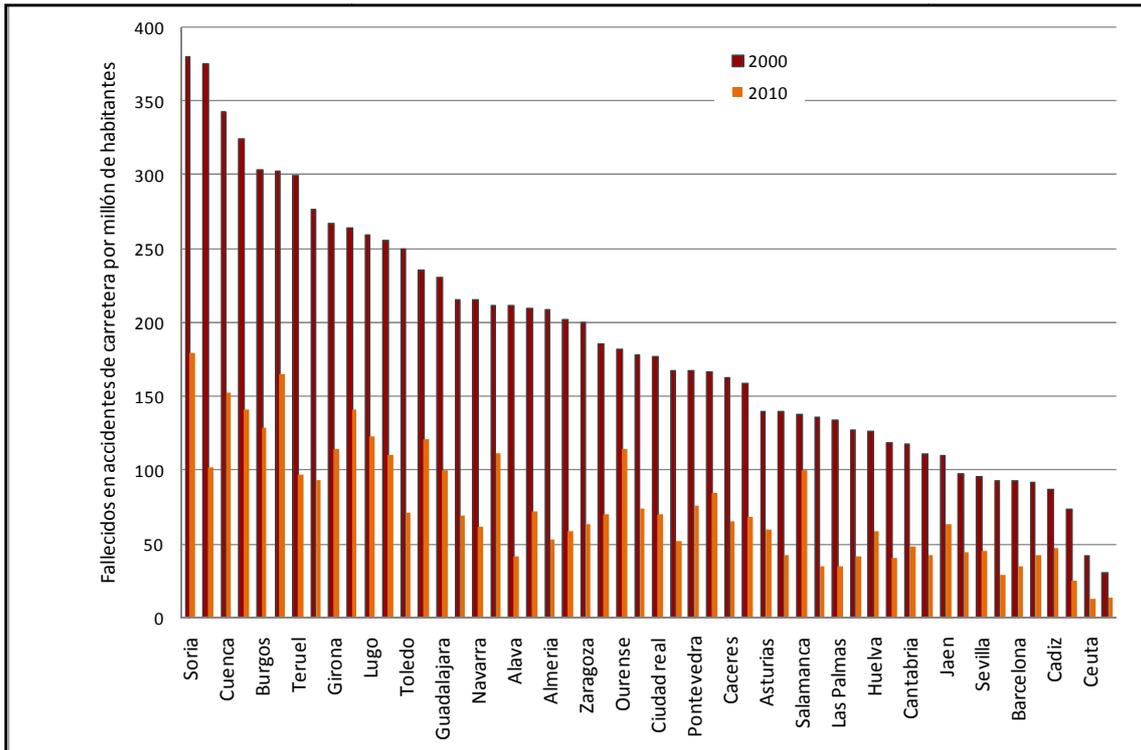
Figura 3.2. Variación en el número de kilómetros de autovía y en el número de fallecidos en accidentes de carretera (1990, 2010)



Fuente: elaboración propia a partir de datos de Eurostat.

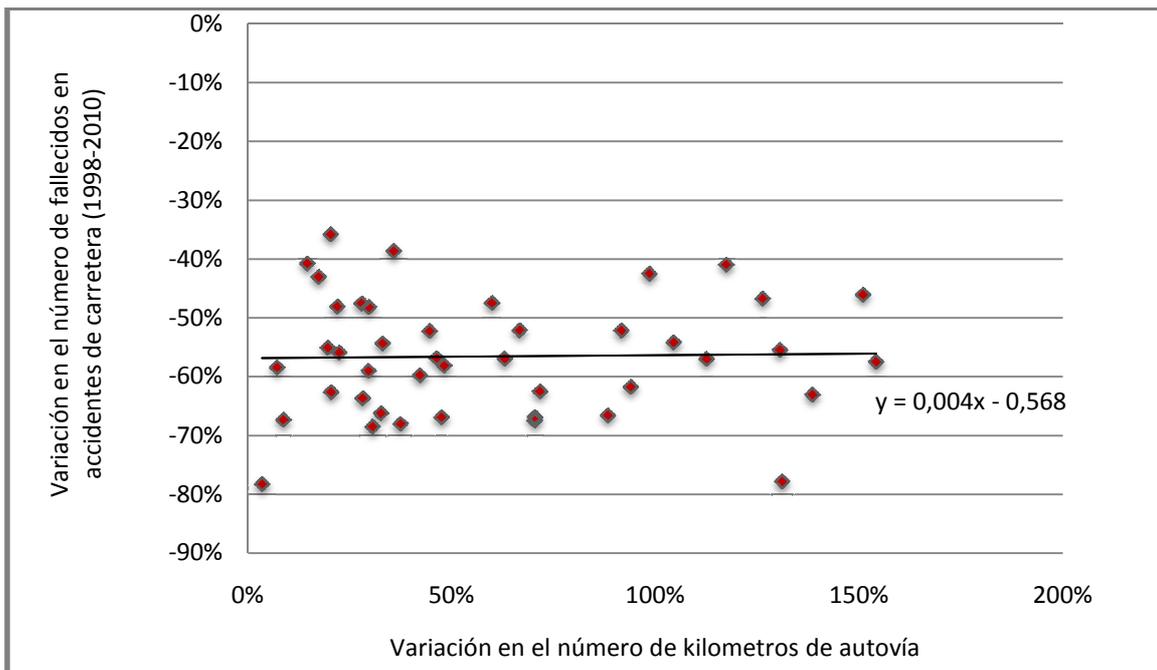
En el caso de las provincias españolas ocurre algo similar. La disminución en el número de fallecidos como consecuencia de un accidente de tráfico ha disminuido en todas las provincias españolas casi por igual en las últimas décadas, como se aprecia en la figura 3.3. Sin embargo no parece verse tan clara esa relación que se encontraba en el caso de los países de europeos de a mayor incremento en la red de carreteras mayor disminución de los fallecimientos en accidente en carretera (figura 3.4).

Figura 3.3. Número de personas fallecidas en carreteras por millón de habitantes (2000, 2010). Provincias españolas



Fuente: elaboración propia a partir de datos de Dirección General de Tráfico. Orden de mayor a menor en 2000.

Figura 3.4. Variación en el número de kilómetros de autovía y en el número de fallecidos en accidentes de carretera (2000, 2010)



Fuente: elaboración propia a partir de datos de Dirección General de Tráfico.

Estos datos hacen reflexionar sobre el papel que juegan las infraestructuras en la variación en los accidentes y hace necesario llevar a cabo un análisis en profundidad que explique si la inversión en infraestructuras ha tenido, como sospechamos, un impacto sobre esa reducción de la siniestralidad de las carreteras y, de ser así, cuantificar ese impacto.

2.2. La influencia de las infraestructuras en la seguridad vial. Revisión de la literatura

Existen muchos factores que pueden tener un impacto potencial en la reducción de accidentes, como la regulación sobre el consumo de alcohol o las drogas y la conducción, las mejoras en la seguridad de los coches, o incluso los cambios en el comportamiento de los conductores derivados de una mayor conciencia social sobre una conducción segura. Sin embargo, aún queda por conocer el grado exacto en que los diferentes factores han contribuido a estas mejoras. Se trata de un campo de investigación difícil en el que todavía hay mucha investigación por hacer para tener una mayor comprensión de las condiciones que pueden afectar a la seguridad vial, como son el tráfico y el clima (Theofilatos y Yannis, 2014) o el diseño de la carretera (Gooch et al. 2016; Morency et al. 2012).

En el caso de las autovías es particularmente interesante analizar la relación entre disponer de una nueva infraestructura y la seguridad, ya que las nuevas carreteras tienden a provocar un aumento del tráfico y, por lo tanto, un aumento potencial en el número de accidentes. Sin embargo, la evidencia empírica no es tan concluyente. A modo de ejemplo, Jaadan y Nicholson (1988) investigaron el efecto de la apertura del Arterial Sur -un camino arterial no dividido de dos carriles en Christchurch, Nueva Zelanda- y observaron que durante cuatro años después de la construcción de esta nueva carretera, la intensidad de tráfico aumentó en un 30%, mientras que la tasa de accidentes disminuyó en un 28,5%. Asimismo, Amudsen y Elvik (2004) analizaron la evidencia de los proyectos de carreteras arteriales en Oslo y encontraron un tráfico neto inducido del 16%, y una reducción neta de la tasa de accidentes (accidentes por millón de kilómetros-vehículo) del 18%.

Wang, Quddus, y Ison (2013) revisan la literatura sobre teoría y factores relacionados con la seguridad vial, centrándose en las características del tráfico (velocidad del tráfico, densidad, flujo y congestión) y las características de las carreteras (geometría e infraestructuras de carreteras tales como autopistas). Concluyen que los diseños de infraestructuras viales afectan a la seguridad vial, aunque no parece claro el papel de la mejora de la infraestructura en la reducción de accidentes de carretera (es decir, si la mejora de la infraestructura puede reducir

efectivamente los accidentes). Esto se debe a que a veces la mejora de la infraestructura en un lugar puede llevar a un incremento del riesgo en otras partes de la red de carreteras²²

La literatura existente, y en particular los trabajos revisados durante esta investigación, de los cuales se ofrece un resumen en la tabla 3.1, indica que no hay un efecto positivo claro de las mejoras en la calidad de las carreteras o de la construcción de nuevas carreteras sobre la disminución de los accidentes y de las víctimas mortales. Por ejemplo, Noland (2003) no encuentra ninguna evidencia sobre una relación entre mejoras en infraestructuras y accidentes, mientras que Amudsen y Elvik (2004) encuentran una reducción del 51% en algunos casos específicos.

²² Elvik (2004) llega a una conclusión similar y sostiene que la investigación sobre seguridad vial puede verse como carente de una base teórica sólida en un campo de investigación donde los accidentes de tráfico son difíciles de predecir.

Tabla 3.1. Algunas contribuciones al análisis de la influencia de las carreteras a la disminución de la accidentabilidad

Autores	País	Síntesis del trabajo
Levine, D. W., Golob, T. F., y Recker, W. W. (1988)	EEUU	Al añadir un carril adicional en una autovía congestionada, se reducen los accidentes en un 1%.
Jadaan, K. S., y Nicholson, A. J. (1988)	Nueva Zelanda	En los 4 años siguientes a la apertura de una nueva carretera, se incrementa en un 30% el tráfico en el área de estudio y disminuye un 28,5% la tasa de accidentes.
Elvik, R., Amundsen, F. H., y Hofset, F. (2001)	Noruega	Se presentan los resultados de un estudio sobre los efectos en los accidentes con heridos de 20 proyectos de carreteras de circunvalación en Noruega. Los efectos se evaluaron por medio de un estudio observacional de antes y después del estudio. En promedio, se encontró una reducción estadísticamente significativa del 19% en el número de accidentes con lesiones.
Noland, R. B. (2003)	EEUU	Los cambios en las infraestructuras tienen un efecto pequeño sobre la disminución en número de accidentes y muertos, los cambios se deben más a otros cambios en el tiempo (mejor seguridad, comportamiento de conductores...).
Amundsen, A.H. y Elvik, R. (2004)	Noruega	La puesta en funcionamiento de nuevas carreteras se traduce en un tráfico inducido neto del 16%, y una reducción neta de la siniestralidad (accidentes por millón de vehículos-kilómetros) del 18%
Cena, L., Keren, N., y Li, W. (2007)	EEUU	La construcción de circunvalaciones en Iowa aumenta la seguridad tanto en la carretera principal como en la que atraviesa la ciudad
Malyshkina, N. V., y Mannering, F. L. (2010)	EEUU	Estudia el impacto del diseño de las carreteras en la frecuencia y gravedad de los accidentes viales en Indiana. Existen diferencias en las frecuencias de los accidentes atendiendo al diseño de la misma.
Albalate y Bel. (2012)	Europa	La ampliación de la red de autovías se asocia con una disminución de la accidentabilidad mientras que no se encuentran tales efectos en otro tipo de carreteras.
Albalate, D., Fernández, L., y Yarygina, A. (2013)	España	Subrayan la importancia de considerar conjuntamente las variables de inversión en infraestructuras y regulación cuando se está investigando los patrones de la mejora en la seguridad. Sus resultados indican que la inversión en mantenimiento produce beneficios sobre la seguridad en términos de reducción de la tasa de accidentes mortales.
Wang, C., Quddus, M. A., y Ison, S. G. (2013)	Reino Unido	Proporcionan una visión general de las teorías de seguridad vial que explican cómo y por qué estos factores afectan a los accidentes de tráfico. Se encontró que varios factores (velocidad, congestión y curvatura horizontal de la carretera) tenían efectos mixtos sobre la seguridad vial.

Fuente: elaboración propia.

La mayor parte de estas investigaciones se han llevado a cabo con métodos basados en análisis de antes y después (Elvik, 2004; Elvik, 2002), regresiones de datos de panel (Albalade, 2013) o modelos de regresión logística (Malyskina, 2010). Los resultados a los que se llegan son diferentes pues, en cierto modo, están condicionados por el momento en el tiempo en el que se realiza el análisis y también por las circunstancias propias del lugar. Esto provoca que sea difícil llegar a conclusiones claras sobre el efecto real de la mejora de las carreteras en la seguridad vial frente a otras medidas, políticas o hechos que pudieran haber concurrido simultáneamente. Por ello, en esta investigación se pretende dar un paso más en esta línea de trabajo y aportar, desde el caso particular de Asturias, una evidencia adicional sobre dichos efectos, usando ahora como método de trabajo la investigación cuasi experimental.

Los métodos experimentales y cuasi experimentales tradicionalmente utilizados en el campo de las ciencias de la salud se han ido extendiendo en las últimas décadas como una forma útil de llevar a cabo en las ciencias sociales un análisis como el que requiere esta investigación. Así, en sociología, psicología o economía, los métodos cuasi experimentales se utilizan cada vez más para obtener respuestas precisas en evaluaciones y estudios de impacto de políticas o programas.

El hecho de que la construcción de una sección de 23 kilómetros de la autovía A-8 que conecta la frontera francesa con Galicia sufriera un retraso en su construcción de más de diez años (el tramo Unquera-Llanes de la A-8) permite llevar a cabo un experimento natural y comparar los datos de una carretera estándar de dos vías con datos de una vía de alta capacidad. El objetivo de este trabajo es aprovechar la oportunidad que supone ese retraso de más de diez años en la construcción de este tramo para realizar un experimento natural y, con ello, obtener evidencia empírica sobre los efectos de la puesta en funcionamiento de una autovía sobre la seguridad vial.

A continuación se ofrece una breve explicación del método de trabajo elegido así como una revisión de su uso y principales contribuciones al análisis de desarrollo regional y también al de la seguridad vial.

3. La investigación experimental como método de trabajo

En 1963, los psicólogos norteamericanos Donald T. Campbell y Julian C. Stanley aportaron una contribución metodológica a la investigación en ciencias sociales: el uso de la experimentación para dar válidamente conclusiones causales. En este contexto se entiende el experimento como "aquella parte de la investigación en la que las variables son manipuladas y se observa sus efectos sobre otras variables"(Campbell y Stanley, 1963).

Estos autores argumentaron que hay muchos entornos sociales naturales en los que los investigadores pueden introducir la forma de trabajar de las ciencias naturales, como son los experimentos de laboratorio controlados, incluso cuando el investigador carece de "el control total sobre la programación de estímulos experimentales", lo que hace posible un verdadero experimento. Y llamaron a este tipo de investigación diseños cuasi experimentales (Campbell y Stanley, 1963).

Los diseños cuasi experimentales permiten al investigador estimar el impacto causal de una intervención encontrando diferencias entre los grupos de control (grupo en el que no se ha aplicado el tratamiento) y el grupo de tratamiento (grupo en el que se aplica el tratamiento cuyos efectos quieren ser observados), teniendo en cuenta que antes de la intervención los participantes en ambos grupos tenían características similares. Por ello las diferencias que ambos grupos presenten post-tratamiento se deberían a la aplicación de la intervención objeto de análisis.

El cuasi experimento carece específicamente del elemento de asignación aleatoria a un grupo de tratamiento o a un grupo de control y permite al investigador controlar la asignación a la condición de tratamiento, pero utilizando un criterio distinto al de aleatoriedad (Dinardo, 2008). Por lo general, se emplea un grupo de control apropiado y se reúnen pruebas sobre la equivalencia de ese grupo de control con el grupo experimental (a través de medidas pre-test).

Hay situaciones en las que los investigadores no tienen en sus manos la capacidad de asignar a los participantes a los grupos de "tratamiento" y "control". Más bien, las divergencias en la ley, la política o la práctica pueden ofrecer la oportunidad de analizar grupos como si fueran parte de un experimento. En esencia, un grupo ha recibido una intervención, mientras que el otro no. Estas situaciones fueron denominadas experimentos naturales.

La mayor parte de la literatura no distingue entre un experimento natural y un cuasi-experimento, pero autores como Dinardo (2008) y Shadish, Cook y Campbell (2002) sí lo distinguen. La diferencia es que en un cuasi-experimento el criterio de asignación es seleccionado por el investigador, es decir, permite al investigador controlar la asignación a la condición de tratamiento, pero utilizando algún criterio distinto de asignación aleatoria; mientras, en un experimento natural la asignación ocurre "naturalmente" sin la intervención del investigador. Los experimentos naturales a menudo pueden ser realizados en aquellos casos que hay una divergencia en la historia, ley, política o práctica entre naciones, regiones u otras unidades políticas, jurisdiccionales o sociales.

Desde el trabajo seminal de Campbell y Stanley, este método de trabajo ha sido estudiado y revisado, analizándose las potencialidades y debilidades de su uso como herramienta capaz de ofrecer una respuesta plausible a los efectos de una intervención. En la tabla 3.2 se recogen

algunos de los artículos más citados entre los que estudian su uso como herramienta de trabajo y se señalan las principales contribuciones metodológicas y las matizaciones y críticas que se les ha hecho hasta el momento. Sin embargo estas críticas no han sido un obstáculo para evitar su proliferación como herramienta de investigación. Todos estos trabajos se han hecho desde Estados Unidos, lo que pone en relevancia la importancia que ha tenido el desarrollo de este método en dicho país, y el escaso peso que, hasta el momento, ha tenido en Europa.

Tabla 3.2. Experimentos naturales y cuasi experimentos: contribuciones metodológicas

Autor	Síntesis de la investigación
Campbell (1963)	En estos diseños falta un control experimental completo, por ello se hace imprescindible que el investigador sea completamente consciente de la variable específica que su diseño en particular no controla.
Isserman y Merrifield (1982)	Es un método sensible a las condiciones cíclicas ya otros factores exógenos pero es capaz de rastrear el patrón temporal de los impactos.
Meyer (1995)	Una debilidad de los experimentos naturales es que sus resultados pueden no ser generalizables más allá de la configuración utilizada en el estudio.
Rosenzweig, M. y Wolpin, K (2000):	Los eventos naturales utilizados como instrumentos de investigación no proporcionan estimaciones que puedan ser interpretadas sin ambigüedad. Es necesario combinar la información que proporcionan los eventos naturales con información empírica suplementaria.
Reed y Rogers (2003)	En el caso de emparejamiento perfecto, los métodos del grupo de control cuasi experimental producen estimaciones no sesgadas. En el caso de la coincidencia imperfecta, los estimadores de los métodos del grupo de control cuasi experimental estarán sesgados.
Dunning (2012)	La validez de estos estudios depende de la premisa de que la asignación de sujetos a los grupos "tratamiento" y "control" sea aleatoria o "como si", es decir, al azar
Feser (2013)	Hay relativamente poca atención a cómo coherente patrón de concordancia puede utilizarse para descartar explicaciones alternativas y los esfuerzos para unirse a la cuasi experimental grupo de comparación de diseño con métodos analíticos relacionados (por ejemplo, la serie de tiempo de econometría)

Fuente: elaboración propia.

Como se ha argumentado antes, esta metodología inspirada en los experimentos de laboratorio controlados por las ciencias naturales cada vez es más común en la literatura sobre análisis de impacto y evaluación de políticas (ver, por ejemplo, Mohr, 1995, Gertler et al. 2010) y, también

en la economía, tras el desarrollo de este método de trabajo por reconocidos economistas como Vernon Smith y Esther Duflo, en este último caso con una contribución importante de este método de trabajo en el ámbito de la economía del desarrollo.

Análisis experimentales y cuasi experimentales se han realizado en los últimos años tanto para analizar los efectos de determinadas políticas públicas sobre el empleo o la formación (Cueto y Mato, 2009) como para conocer el efecto de actuaciones de desarrollo regional, a partir de la línea de trabajo abierta por Isserman y sus colegas de Chicago en los años ochenta y noventa (Feser, 2012).

La tabla 3.3 recoge un resumen de varios trabajos revisados que utilizan métodos cuasi experimentales o naturales para evaluar el impacto de una política, así como la forma de controlar las diferencias entre grupo de control y grupo de tratamiento.

Por lo general en la revisión de la literatura hecha encontramos que la mayor parte de las investigaciones utilizan la llamada técnica de *propensity score matching*, esto es, se asignan los individuos al grupo de tratamiento o control a través de una puntuación de propensión que indica la probabilidad de que a una unidad (por ejemplo, la persona, un municipio) se le asigne a un tratamiento particular dado un conjunto de covariables observadas. Las puntuaciones de propensión se utilizan para reducir el sesgo de selección, al equiparar los grupos basándose en estas covariables. Una vez identificados los participantes en ambos grupos, se pueden atribuir al programa las diferencias en los resultados entre grupo de control y grupo de tratamiento. Sin embargo, como señalan Caliendo y Kopeining (2008) la coincidencia no es una "bala mágica" que resuelva el problema de la evaluación en cualquier caso. Es una técnica que sólo debe aplicarse si la suposición de identificación subyacente puede ser apelada de manera creíble con base en la riqueza informativa de los datos y a una comprensión detallada de la configuración institucional mediante la cual se lleva a cabo la selección en tratamiento.

En muchos casos, como se explicó ya, no puede asignarse aleatoriamente individuos a un grupo de control o tratamiento, pues es la propia política o la historia la que determina la asignación a un grupo u otro. En estos casos el estimador de Diferencias en Diferencias parece ser más adecuado. Con el estimador Diferencias en Diferencias se mide el efecto de un tratamiento en un determinado período en el tiempo. En contraste con las estimaciones que miden la diferencia en un resultado después y antes del tratamiento para un mismo sujeto o las estimaciones que miden la diferencia en el resultado entre los grupos de tratamiento y control, el estimador Diferencias en Diferencias capta la diferencia entre el momento antes del tratamiento y después del tratamiento, dentro de los grupos de tratamiento y control.

Tabla 3.3. Experimentos naturales y cuasi experimentos: algunos estudios empíricos

Autor	País	Caso de estudio	Metodología
Rephann e Isserman (1994)	EEUU	La eficacia de la inversión en carreteras como una herramienta de desarrollo económico	Series temporales interrumpidas
Cueto y Mato (2009)	España	Evaluación de los programas de formación a nivel regional en España	<i>Propensity score matching</i>
Funderburg, Nixon, y . Boarnet (2010)	EEUU	Autovías y cambios en el uso del suelo	<i>Propensity score matching</i> Diferencias en Diferencias
Mitze (2014)	Alemania	Efecto causal de las subvenciones a la inversión del sector privado y de las infraestructura sobre los negocios	<i>Propensity score matching</i>
García-López, Solé-Ollé, Viladecans-Marsal (2014)	España	Relación entre las políticas de uso de la tierra y la construcción de carreteras	<i>Propensity score matching</i>

Fuente: elaboración propia.

En el marco concreto de los estudios sobre la seguridad vial, existen también precedentes en la utilización de este método. Así, Chen et al. (2013), en su análisis de la efectividad de 13 contramedidas de seguridad y diseños de calles instalados en la ciudad de Nueva York entre 1990 y 2008, defienden que los diseños cuasi-experimentales también son una herramienta propicia para evaluar la seguridad vial.

Con el trabajo de Chen et al. (2013) se vuelve a poner en valor este método de trabajo inicialmente aplicado de forma empírica por Campbell y Stanley en 1968 para analizar los efectos de la penalización de los excesos de velocidad en el estado de Connecticut. En este trabajo pionero se observaron las muertes ocurridas en carretera durante cinco años antes y cinco años después de la puesta en funcionamiento de la medida que imponía una penalización a aquellas personas que excedían los límites de velocidad e investigaron si hubo un cambio en las muertes debido a dicha política. Tras un análisis basado en series temporales interrumpidas, encontraron una tendencia sostenida hacia la reducción, pero no encontraron pruebas inequívocas de que dicha reducción se debiese a la medida impuesta.

Desde el trabajo pionero de Campbell y Stanley surgen varias investigaciones que aplican este método de trabajo. Por ejemplo, Martin et al. (1993) estudian los efectos disuasorios de las sanciones alternativas para los delincuentes por primera vez condenados por conducción en estado de embriaguez (DWI) aprovechando el hecho de que en el condado de Hennepin, Minnesota, algunos jueces no cumplían con la política judicial que ordenaba una sentencia de

cárcel de dos días para todos los delincuentes que por primera vez presentaban estado de embriaguez. Sood y Ghosh (2007) estudian los efectos del ahorro de luz diurna en los accidentes de tráfico en los Estados Unidos aprovechando el cambio en la legislación de 1986. En este caso, los autores fueron capaces de identificar los efectos a corto y largo plazo del ahorro de luz en accidentes de automóvil concluyendo que el ahorro de luz diurna no tuvo un efecto perjudicial significativo en los accidentes a corto plazo pero sí reducirían significativamente los accidentes de tráfico a largo plazo.

Recientemente han surgido otros trabajos que incluyen aplicaciones del método cuasi experimental como es el caso de Madsen et al. (2013) sobre los efectos del uso de luz en las bicicletas y en Gooch et al. (2016) sobre el diseño de las curvas en las carreteras. Todos ellos son trabajos que han suscitado el interés de la comunidad investigadora y que indican que el método de trabajo con el que se va a trabajar en esta investigación es un método de trabajo vivo, y de interés para dar respuestas válidas a preguntas sobre los efectos de una intervención.

4. Un caso de estudio: el retraso de la construcción de la Autovía del Cantábrico (A-8) en el oriente asturiano

4.1. Elección del caso de estudio

Tradicionalmente el corredor del cantábrico ha sido una de las vías más importantes de comunicación entre el norte de la Península Ibérica y Europa (Blanco, 2003). La carretera N-634, construida a partir de los años 60, al amparo del programa Redia, fue la primera carretera que unió las regiones del norte de España desde San Sebastián a Santiago de Compostela.

La Autovía del Cantábrico, la A-8, ha reemplazado el tradicional camino de la costa que articulaba la N-634, y se ha convertido en la principal vía de comunicación en la costa del cantábrico en el siglo XXI. La construcción de la A-8 viene ejecutándose desde 1973, año en el que se inauguró el primer tramo de la misma, el Bilbao-Behovia, de 116 km de longitud, que comunica mediante una autopista de peaje Bilbao con Francia por Irún y vertebró el eje costero del País Vasco.

La ejecución de la autovía fue progresiva desde oriente hacia occidente, permitiendo ya en 1995 la conexión por autovía desde Santander hasta Irún. La extensión de la carretera siguió hacia Oviedo y Galicia, y la A-8 actualmente permite viajar desde Francia a la provincia gallega de Lugo, pero esto no se consiguió hasta casi finalizado el año 2014.

La duración del período de construcción, como se ha explicado en el capítulo I de esta tesis, se relaciona principalmente con el carácter montañoso de esta parte de España, lo que hace que las infraestructuras viarias sean muy caras, en comparación con el resto del país. Además, los

sucesivos gobiernos españoles promovieron históricamente las comunicaciones radiales de las regiones españolas con Madrid a expensas de los proyectos transversales (Bel, 2012), como es este caso.

Durante la construcción de la autopista A-8 entre Santander y Oviedo, se produjo un largo retraso en el proyecto de construcción de un tramo de 23 kilómetros entre las localidades de Unquera y Llanes mientras que las secciones contiguas, tanto hacia el este (tramo Lamadrid-Unquera) como hacia el oeste (tramo Llanes-Llovio), se abrieron en 2001, mientras que el tramo Unquera-Llanes no se convirtió en autovía hasta el segundo semestre de 2014.

El hecho de que durante más de 12 años se utilizó una única carretera de dos carriles en vez de una vía de doble calzada, como hubiese sido el caso si se hubiese construido la autovía al mismo tiempo que en los tramos contiguos, permite realizar un experimento natural que arroje resultados sobre los efectos de una carretera de alta capacidad sobre la seguridad vial.

Un experimento natural, como se ha explicado en el apartado anterior, consiste en "un estudio observacional en el cual el investigador no puede controlar o retener la asignación de una intervención a áreas o comunidades particulares, pero donde ocurre una variación natural o predeterminada en la asignación" (Petticrew et al. 2005). El interés de los experimentos naturales para los investigadores radica en la posibilidad de que una variación exógena en la intervención permita analizar claramente sus efectos sobre las variables de interés. Y hay razones para creer que el retraso en el proyecto y construcción de la sección A-8 constituye un factor exógeno, no relacionado con los resultados potenciales de la carretera.

En la década de 1990, cuando se redactó el proyecto original, una asociación local llevó a juicio el diseño inicial de la carretera entre Unquera y Llanes alegando que su trazado tenía consecuencias ambientales que debían evitarse. El caso fue llevado a los tribunales, afectando a los posibles desarrollos urbanos en las afueras de Llanes. Las hostilidades políticas, con un gobierno nacional y uno regional de diferentes ideologías, contribuyeron al retraso, pero también, en el contexto de la burbuja inmobiliaria que caracterizó a España entre 2000 y 2007, es muy probable que los intereses económicos fueran la causa de tal retraso. Finalmente, habiendo cumplido con las condiciones técnicas y ambientales, esta sección de la A-8 se abrió al tráfico en dos etapas, entre septiembre de 2012 y diciembre de 2014²³.

El experimento natural aprovecha la carretera nacional que canaliza el tráfico entre Unquera y Llanes, utilizando esta área como grupo de control. La sección adyacente de la carretera

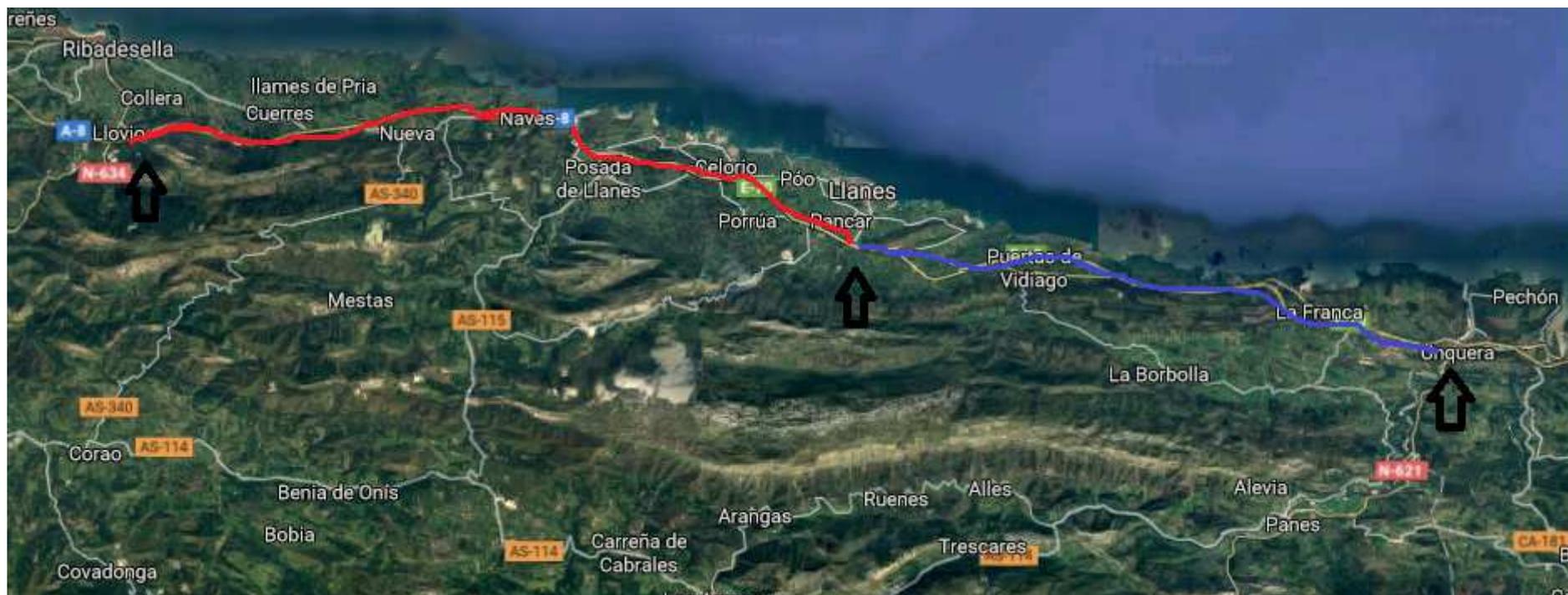
²³ Ver "[Unquera-Llanes, política contra técnica](#)" (20.01.2006) en la página web de la Asociación de Empresarios de San Roque del Acebal (ADESAR) (última consulta el 7 de diciembre de 2016). Ver también "[Unquera-Llanes, los nueve frenazos](#)" (07.01.2014) La Nueva España (última consulta el 7 de diciembre de 2016). Una descripción más detallada de la controversia que llevó al retraso en la construcción de la autovía en este tramo se puede encontrar en el anexo II.

construida hacia el oeste, entre Llanes y Llovio es la zona de tratamiento. Este tramo de carretera tiene la misma longitud que el otro (23 km), la misma intensidad de tráfico, y está situado, como la sección Unquera-Llanes, a 2,5 kilómetros del mar para evitar la Sierra de Cuera. Las características geográficas del corredor ayudan a explicar que la carretera no supuso cambios significativos en términos de reducción de la longitud de la carretera. De hecho, el corredor su trazado utilizó la antigua carretera nacional como base para la nueva carretera de dos carriles que forman la carretera (figura 3.5).

Llanes, con una población de 13.232 habitantes en el año 2001, es la villa más importante de la zona, y Unquera y Llovio son localidades pequeñas, de menor importancia, pero de paso tradicionalmente obligado en la salida de Asturias hacia Cantabria y hacia Europa, de hecho, esta parte de la A-8 sirve una zona de conexión entre las regiones de Cantabria y Asturias, y es parte de la conexión global entre el noroeste de España y Francia. No hay nada que diferencie las dos secciones que van a ser analizadas, salvo el hecho de que la carretera fue construida 12 años después en una de ellas. Por lo tanto, se puede argumentar que el entorno cumple las condiciones para un experimento natural por el cual se pueden analizar los efectos sobre la seguridad vial de sustituir una carretera convencional de dos carriles por una carretera de alta capacidad.

Se enriquece este estudio llevando a cabo un segundo análisis con el otro tramo adyacente en sentido este, el tramo Lamadrid-Unquera. Este tramo, como se explicará más adelante, la nueva autovía transcurre por un trazado nuevo, y deja la vieja carretera nacional que unía ambas localidades como alternativa de viaje para aquellos conductores que prefieren su uso.

Figura 3.5. Tramo de estudio para la realización de un análisis experimental. Tramo Unquera-Llanes-Llövio



— A-8
— N-634

Fuente: *google maps*.

4.2. Análisis descriptivo

Para hacer esta investigación se ha solicitado a la Dirección General de Tráfico información de todos los accidentes registrados cada día en cada punto kilométrico de la carretera N-634 y la Autovía del Cantábrico en el tramo que transcurre entre Unquera y Llovio como se ha explicado. Adicionalmente se solicitaron también los datos para el tramo desde la localidad de Lamadrid en Cantabria donde también se construyó autovía, aunque en este caso se mantuvo como opción la carretera nacional, que siguió canalizando parte del tráfico que transcurre entre Lamadrid y Unquera.

La Dirección General de Tráfico recoge los datos de accidentes de tráfico con víctimas ocurridos en las carreteras españolas, así como el número de heridos graves, heridos leves y fallecidos como consecuencia del accidente, teniendo en cuenta las siguientes definiciones:

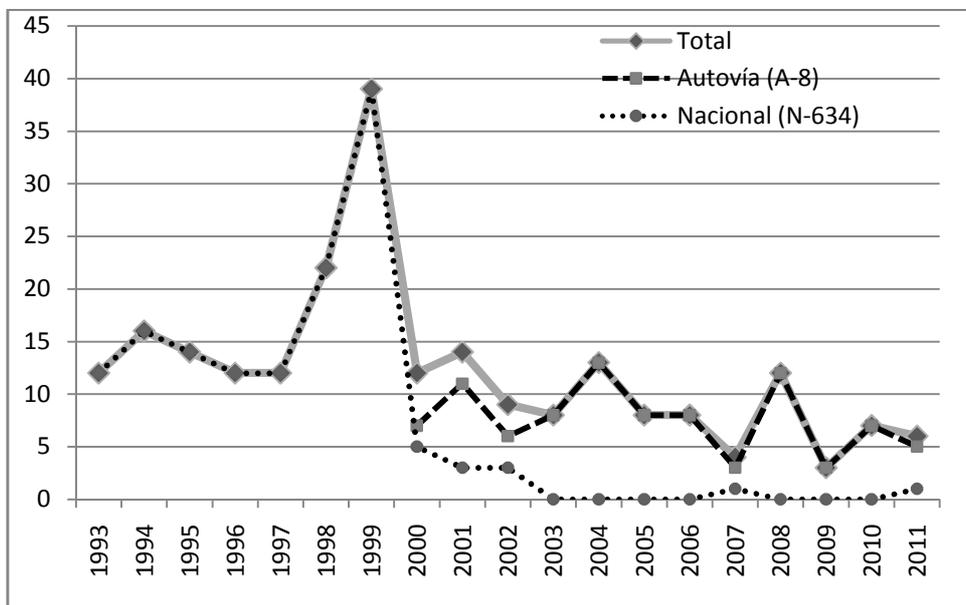
- Accidentes de tráfico con víctimas son los accidentes que se producen, o tienen su origen en una de las vías o terrenos objeto de la legislación sobre tráfico, circulación de vehículos a motor y seguridad vial, cuentan con la implicación de al menos un vehículo en movimiento y a consecuencia de los mismos una o varias personas resultan muertas y/o heridas.
- Fallecido es toda persona que, como consecuencia de un accidente de tráfico, fallece en el acto o dentro de los siguientes treinta días. Se excluyen los casos confirmados de muertes naturales o en los que existan indicios de suicidio.
- Herido grave es toda persona que, como consecuencia de un accidente de tráfico, precisa una hospitalización superior a veinticuatro horas. Se excluyen las personas fallecidas en los 30 días posteriores al accidente.
- Herido leve es toda persona herida en un accidente de tráfico que no haya precisado hospitalización superior a veinticuatro horas y que haya sido atendido por los servicios sanitarios correspondientes.

Para el análisis de la información se ha tenido en cuenta las siguientes circunstancias: Desde 1993 hasta 1998 todo el tramo entre Unquera y Llovio (pk. 280 a 325) era carretera nacional (N-634). En 1999 se pone en funcionamiento el primer tramo de la Autovía del Cantábrico. Los pk 303-325 de la carretera nacional, hasta ese momento carretera convencional con sólo un carril para cada sentido, son sustituidos por la denominada Autovía del Cantábrico, lo que supone que, a partir de finales de 1999, entre el tramo 303 y 325 se circula por una carretera de doble calzada en ambos sentidos y con una velocidad máxima permitida de 120 km/h, mientras que entre el pk 302 y 280 se sigue circulando por la N-634, esto es carretera convencional, sólo una calzada, doble sentido y velocidad máxima permitida de 90 km/h.

Adicionalmente, en octubre de 2001 entró en funcionamiento el tramo Unquera-Lamadrid, de 15, 8 kilómetros de longitud. En este caso, contrariamente a lo que ocurrió en el tramo Llanes-Llovio, la autovía no sustituyó a la carretera nacional, la N- 634, sino que se mantuvo como una opción para aquellos que no quieran utilizar autovía, uniendo los pueblos del entorno.

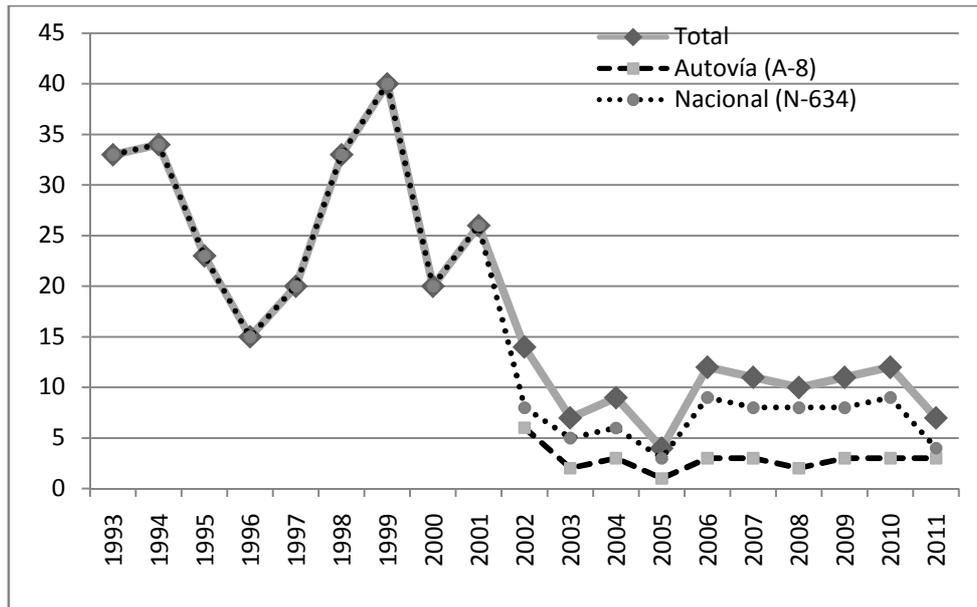
Las figuras 3.6 y 3.7 muestran la evolución de los accidentes en los dos tramos citados desde 1993 hasta 2011. En ellos se reflejan las series de accidentes que, tras la inauguración de la A-8, ocurrieron tanto en la misma vía como en las vías de las carreteras nacionales. La serie que recoge los accidentes totales indica la significativa caída en la accidentalidad tras la puesta en servicio de las vías nuevas.

Figura 3.6. Evolución del número de accidentes registrados en el tramo Llanes-Llovio, 1993-2011



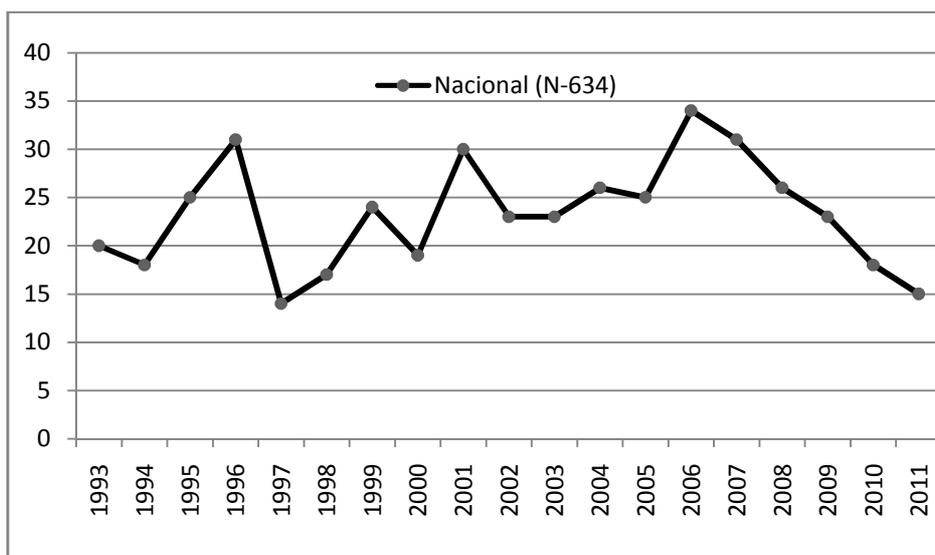
Fuente: elaboración propia a partir de datos de la Dirección General de Tráfico.

Figura 3.7. Evolución del número de accidentes registrados en el tramo Lamadrid-Unquera, 1993-2011



Fuente: elaboración propia a partir de datos de la Dirección General de Tráfico.

Contrariamente a lo que ocurrió en las zonas donde se ha construido una autovía, en el tramo en el cual hay un retraso en la construcción de la autovía, Unquera-Llanes, no se aprecia un descenso de la accidentabilidad tan marcado como en los otros dos casos, y sólo es a partir del año 2007, como se aprecia en la figura 3.8, cuando comienza a observarse una disminución clara del número de accidentes acaecidos en esta zona.

Figura 3.8. Accidentabilidad en el tramo Unquera-Llanes (1993-2011)

Fuente: elaboración propia a partir de datos de la Dirección General de Tráfico.

En los dos tramos con autovía analizados se observa que la accidentalidad parece especialmente elevada durante los años 1998 y 1999, lo que podría deberse al impacto de las obras o a los problemas asociados a la adaptación de los usuarios a los accesos y a las vías nuevas. Por esta razón, y para evitar el riesgo de sobreestimación del impacto de la infraestructura, se considera conveniente comparar los indicadores ex ante y ex post bajo el supuesto más conservador, ignorando los cuatro años que transcurren desde 1998 hasta 2001 inclusive. Este procedimiento es habitual en la literatura (Amundsen y Elvik, 2004).

La tabla 3.4 muestra las tasas de accidentes, de mortalidad y de heridos graves y leves. Estas tasas están referidas por separado a la carretera nacional (antes y después de que se inaugurasen las autovías) y a la A-8. Las tasas se han construido tomando como denominador, en todos los casos, los millones de kilómetros de tráfico de vehículos, en medias anuales.

Tabla 3.4. Tasas de accidentalidad y de daños humanos en los dos tramos seleccionados, antes (1993-1997) y después (2002-2011) de la puesta en servicio de la A-8

Variable	Período	Tramo Llanes-Llovio			Tramo Lamadrid-Unquera		
		Autovía	Nacional	Total	Autovía	Nacional	Total
Tasa de accidentalidad	Antes	0,00	0,27	0,27	0,00	0,41	0,41
	Después	0,07	0,00	0,07	0,04	0,08	0,12
	Cambio			-0,2			-0,29
Tasa de mortalidad	Antes	0,00	0,06	0,06	0,00	0,00	0,00
	Después	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Cambio			-0,06			0,00
Tasa de heridos graves	Antes	0,00	0,08	0,08	0,00	0,12	0,12
	Después	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03
	Cambio			-0,07			-0,09
Tasa de heridos leves	Antes	0,00	0,31	0,31	0,00	0,60	0,60
	Después	0,09	0,00	0,11	0,06	0,11	0,17
	Cambio			-0,20			-0,43

Fuente: elaboración propia a partir de datos de la Dirección General de Tráfico.

Los datos muestran reducciones muy significativas de todas las tasas consideradas, que en el caso más favorable asciende al 97 por ciento de caída en la tasa de mortalidad (Llovio-Llanes) y en el menos favorable indica una reducción del 70 por ciento en la tasa de accidentes (Unquera-Lamadrid). Cabe subrayar que las mejoras observadas ya no representan cifras absolutas, sino que descuentan los incrementos en los tráficos, así como también las reducciones en las distancias, observadas a lo largo del período analizado.

En el caso del tramo Unquera-Llanes lo primero que llama la atención es que la accidentalidad en términos absolutos no sólo no se ha reducido, sino que ha aumentado, pasando de un promedio de 21,6 accidentes al año entre 1993-1997 a 24,4 entre 2002 y 2011 (recuérdese que en los otros tramos se había reducido en cerca de un 70 por ciento). Por su parte, el aumento en los tráficos ascendió a un 55 por ciento, lo que se sitúa en un punto intermedio entre el mayor incremento del tramo Llovio-Llanes y el menor del tramo Unquera-Lamadrid, que ya fue comentado anteriormente.

Así, en primer lugar y en lo que toca a las tasas de accidentalidad y de mortalidad, las mejoras experimentadas aparecen reflejadas en los signos negativos de los cambios en la media de las columnas B y D, pero los efectos resultan corregidos a la baja en las columnas C y E. Es decir, cuando se toman diferencias entre las mejoras de los tramos construidos y las mejoras del tramo pendiente, aquellas son más reducidas. El contrafactual está indicando, por tanto, que en ausencia de autovía también se han producido mejoras en las tasas de accidentalidad y mortalidad, tal como aparece en los cambios en las medias de la columna A, a lo largo de estos años.

En segundo lugar, por lo que respecta a la tasa de heridos graves, las dobles diferencias hacen que cambie el signo del efecto, pasando de mostrar valores negativos a positivos. La comparación con el contrafactual, en este caso, muestra que a pesar de haberse reducido la incidencia de heridos graves a lo largo del tiempo, si se considera el contrafactual debería haberse reducido aún más, por lo que el efecto achacable a la autovía no puede considerarse como una mejora.

En tercer lugar, las tasas de heridos leves se comportan de forma distinta a las anteriores, pues el aparente efecto de reducción de heridos después de la autovía (cambios en las medias de las columnas B y D) se incrementa al hacer dobles diferencias, pasando a indicar una mejora todavía mayor (columnas C y E).²⁴

Tabla 3.5. Tasas de accidentalidad y de daños humanos antes (1993-1997) y después (2002-2011) de la puesta en servicio de los dos tramos de la A-8

Variable		Unquera-Llanes (A)	Llovio-Llanes (B)	Diferencia (C=B-A)	Unquera-Lamadrid (D)	Diferencia (E=D-A)
Tasa de accidentalidad	Antes	0,30	0,27	-0,03	0,41	0,11
	Después	0,22	0,07	-0,15	0,12	-0,10
	Cambio en la media	-0,08	-0,20	-0,12	-0,29	-0,21
Tasa de mortalidad	Antes	0,04	0,06	0,02	0,04	0,00
	Después	0,02	0,002	-0,018	0,002	-0,018
	Cambio en la media	-0,02	-0,058	-0,038	-0,038	-0,018
Tasa de heridos graves	Antes	0,15	0,08	-0,07	0,12	-0,03
	Después	0,04	0,01	-0,03	0,03	-0,01
	Cambio en la media	-0,11	-0,07	0,04	-0,09	0,02
Tasa de heridos leves	Antes	0,35	0,31	-0,04	0,60	0,25
	Después	0,40	0,09	-0,31	0,17	-0,23
	Cambio en la media	0,05	-0,22	-0,27	-0,43	-0,48

Fuente: elaboración propia a partir de datos de la Dirección General de Tráfico.

Como consecuencia de las observaciones realizadas, la demostración de la existencia de relaciones causa – efecto a partir de comparaciones ex ante – ex post ha de atender a posibles sesgos derivados, por una parte, de la puesta en funcionamiento de la infraestructura y, por otra, de la concurrencia de otros factores intervinientes. La restricción temporal de las comparaciones, ignorando los cuatro años de las obras, permite salvar el riesgo de sesgos de puesta en funcionamiento.

²⁴Un aspecto que cabría considerar es la regresión a la media de los valores ex-ante (Amundsen y Elvik, 2004). Para ello se requerirían datos de las carreteras nacionales de la zona norte de España o, al menos, de un conjunto representativo del área analizada. No obstante, dada la naturaleza cuasi-experimental del análisis y la disponibilidad del tercer tramo, puede argumentarse que la estimación de esa regresión supondría cambios mínimos en los resultados.

Para profundizar en el análisis anterior se procederá a calcular estimadores de Diferencias en Diferencias dentro del marco de regresión. El supuesto de partida es que las posibles diferencias que pudieran existir entre los tramos de autovía y el tramo de control no varían en el tiempo. Esta heterogeneidad inobservada podría deberse a factores como las características geoclimáticas, los trazados de las vías o la existencia de puntos negros. Al disponer de datos iniciales para los tramos sujetos a tratamiento (con autovía actualmente) y el tramo de control, se podrá estimar a través de una regresión Diferencias en Diferencias.

Tras el trabajo inicial de Ashenfelter y Card (1985), el uso del método de Diferencias en Diferencias (DID) se ha convertido en una herramienta útil para llevar a cabo análisis de este tipo. En términos generales la versión básica del análisis DID parte de una regresión como la siguiente

$$Y_{it} = \alpha + \gamma S + \lambda t + \beta(S \times t) + \varepsilon_{it}; t = 1,0; S = 1,0 \quad (1)$$

donde Y_{it} es la variable que mide la variable de interés para el individuo i en el período t ; S es una variable dummy igual a 1 si el individuo recibe el tratamiento cuyo efecto va a ser estudiado y toma el valor 0 si no recibe el tratamiento; y t es otra variable dummy igual a 1 para períodos de tiempo después del tratamiento y 0 en períodos antes.

Siguiendo a Angrist y Krueger (2010), la interpretación de los parámetros de la ecuación es la siguiente:

$$\alpha = E(Y_{it}|S = 0, t = 0) \quad (2)$$

$$\gamma = E(Y_{it}|S = 1, t = 0) - E(Y_{it}|S = 0, t = 0) \quad (3)$$

$$\lambda = E(Y_{it}|S = 0, t = 1) - E(Y_{it}|S = 0, t = 0) \quad (4)$$

$$\beta = [E(Y_{it}|S = 1, t = 1) - E(Y_{it}|S = 1, t = 0)] - [E(Y_{it}|S = 0, t = 1) - E(Y_{it}|S = 0, t = 0)] \quad (5)$$

El parámetro α en (2) mide la variable de interés en el período inicial para el individuo no tratado i ; en la ecuación (3) γ cuantifica la diferencia esperada en el período entre individuos sometidos al tratamiento e individuos no sometidos a ese tratamiento; mientras que λ indica en (4) la diferencia esperada en la variable de interés entre los dos períodos de tiempo para los individuos no sometidos a tratamiento. El parámetro de mayor interés es β como se calcula en (5), y mide la diferencia en la variación en la variable de interés entre los individuos del grupo de tratamiento (es decir, $E(Y_{it}|S = 1, t = 1) - E(Y_{it}|S = 1, t = 0)$) y el grupo de control, es decir, $E(Y_{it}|S = 0, t = 1) - E(Y_{it}|S = 0, t = 0)$).

El parámetro β se asume que es el efecto del tratamiento.

En un primer análisis se va analizar exclusivamente los efectos sobre la accidentabilidad de convertir una vieja carretera nacional en autovía, para ello se tiene en cuenta el tramo Unquera-Llanes como grupo de control y el tramo Llanes como grupo de tratamiento. En un segundo análisis igualmente se tiene en cuenta el tramo Unquera-Llanes como grupo de control, pero utilizando como grupo de tratamiento el tramo Lamadrid-Unquera, donde además de la autovía existe la vieja carretera nacional y los conductores tienen la opción de utilizar una u otra ruta en función de sus preferencias.

4.3. Efectos de convertir un tramo de carretera nacional en autovía. El tramo Llanes-Llovio.

Hasta 1998 toda la zona de estudio, desde Unquera hasta Llovio, era una carretera de dos carriles (carretera nacional N-634), y comprendía los puntos kilométricos 280-325. El 5 de julio de 2001 se inauguró un tramo de autopista entre Llanes y Llovio (23 kilómetros, comprendiendo los puntos 303-325 del kilómetro). Así, desde ese día existe una autopista con dos calzadas para el tráfico que circula en direcciones opuestas, con una mediana que separa ambas direcciones y con acceso controlado, permitiendo una velocidad máxima de circulación de 120 kilómetros por hora. Mientras tanto, el tráfico entre Unquera y Llanes obligatoriamente debe seguir utilizando la N-634 (23 kilómetros, comprendiendo los puntos kilométricos 280-302), una carretera de dos carriles con velocidad máxima establecida a 90 kilómetros por hora. La DGT proporciona datos sobre la intensidad media diaria de tráfico en ambas secciones Unquera-Llanes y Llanes-Llovio durante todo el período de estudio.

La tabla 3.6. muestra datos descriptivos de estos períodos tanto en las secciones tratadas como en las de control.

Tabla 3.6. Valores medios de Intensidad Media Diaria de Tráfico (IMD) y accidentes en el tramo Unquera-Llanes y Llanes-Llovio

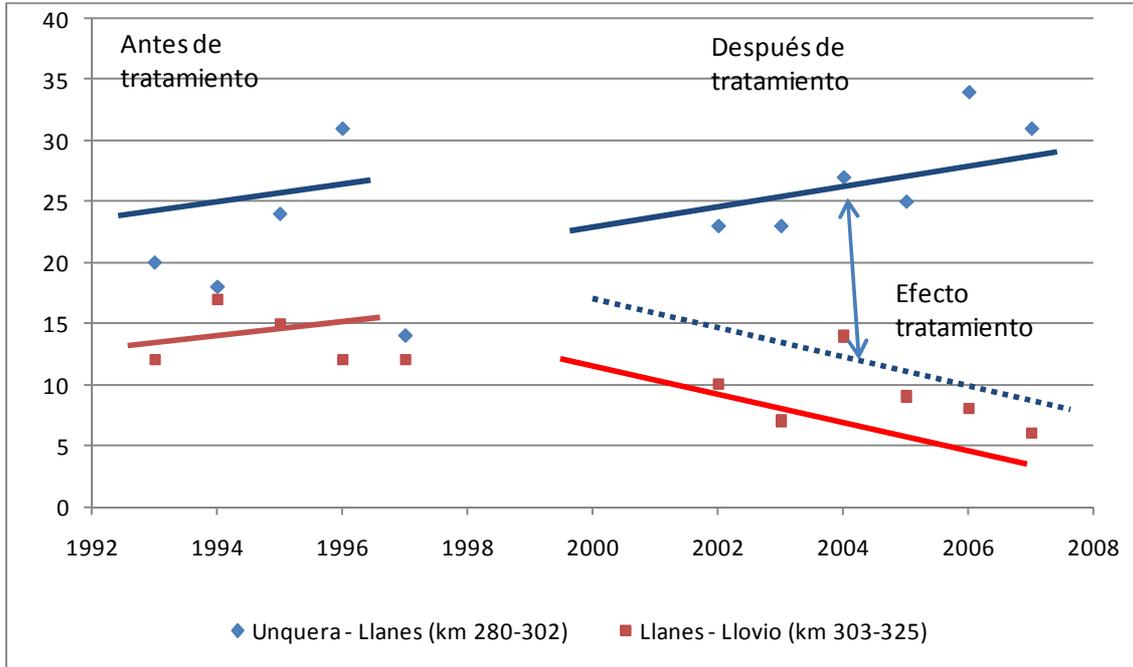
1993-1997 (Antes del tratamiento)	Intensidad Media Diaria de Tráfico	Accidentes anuales
Unquera-Llanes (grupo de control)	8.542	4,74
Llanes-Llovio (grupo de tratamiento)	5.467	2,70
Global	7.004	3,72
2002-2011 (Tras el tratamiento)		
Unquera-Llanes (grupo de control)	13.392	5,83
Llanes-Llovio (grupo de tratamiento)	12.769	2,04
Global	13.080	3,93

Fuente: elaboración propia a partir de datos de la Dirección General de Tráfico.

Los datos muestran diferencias importantes entre las dos secciones estudiadas. En términos generales, la sección Unquera-Llanes presentó mayores cifras de accidentes en los dos períodos de tiempo. Además, el número de accidentes parece mantenerse estable antes y después de que la carretera estuviera operativa, a pesar de que la intensidad del tráfico diario casi se duplicó, lo que indica una menor tasa de accidentes antes y después de la construcción de la carretera. Incluso con este notable crecimiento del tráfico, se puede observar una significativa caída de la accidentabilidad entre los dos períodos de tiempo en la sección de Llanes-Llovio, mientras que este número se incrementa en la otra.

La figura 3.9 muestra las tendencias de los accidentes anuales en ambas secciones durante los dos períodos de tiempo. La línea azul muestra la tendencia en la evolución de los accidentes en el tramo Unquera Llanes mientras que la línea roja representa la evolución en el tramo Llanes-Llovio. La línea discontinua representa la evolución de los accidentes que se habría producido en el tramo Unquera Llanes si se hubiera construido la autovía en el mismo momento en que se construyó en el tramo Llanes-Llovio.

Figura 3.9. Tendencia de evolución de accidentes en el tramo Llanes-Llovio y en el tramo Unquera-Llanes



Fuente: elaboración propia a partir de datos de la Dirección General de Tráfico.

Las estadísticas descriptivas presentadas en la tabla 3.6 y la figura 3.9 sugieren que los patrones diferenciados de accidentalidad entre las dos secciones bajo estudio podrían estar afectados en gran medida por el efecto de la carretera. Sin embargo, esta descripción ignora otros factores que pueden haber contribuido a las tendencias observadas. Además de los cambios en el uso de la carretera dado por el ciclo económico o la dinámica económica regional, es probable que la mejora de la seguridad de los vehículos, las campañas de sensibilización dirigidas a los conductores en materia de seguridad o las medidas coercitivas también hayan marcado una diferencia. Con el fin de separar estos u otros factores influyentes del papel desempeñado por la nueva autovía, se llevó a cabo un experimento natural, como se explica a continuación.

a) efectos sobre los accidentes

Dado que los datos están disponibles tanto para el tratamiento (carretera) como para las secciones de control, es sencillo aplicar esta estrategia a nuestro caso de estudio. A los efectos de nuestro análisis, Y_{it} mide los accidentes en el kilómetro i en el período t ; La variable dummy S es igual a 1 en la zona con autovía (grupo de tratamiento, tramo Llanes-Llovio) y 0 en el grupo de control (tramo Unquera-Llanes); tes igual a 1 para los años tras la construcción de la autovía (2002 en adelante), y 0 en otro caso (hasta 1997). En este trabajo, el parámetro

β compara, a través de un cálculo de diferencias, el cambio en los accidentes antes y después de que la autovía estuviera operativa entre la zona con tratamiento, es decir, la zona donde se ha construido una autovía, ($S = 1$) y la sección no tratada ($S = 0$).

La ecuación (1) ha sido estimada basándose en registro de datos de accidentes ocurridos en los 92 puntos kilométricos del área de estudio que provee la DGT como se ha comentado anteriormente. Puesto que la variable de interés en este análisis, Y_{it} , es un conteo, los requisitos básicos para hacer una regresión por Mínimos Cuadrados (MCO) no son válidas y por ello, en su lugar, se propone hacer una regresión basada en Poisson y una distribución Binomial Negativa.

La tabla 3.7 presenta los resultados de las tres regresiones realizadas. La primera columna aparecen las estimaciones cuando se asume una distribución de Poisson para los residuos ε_{it} . Las columnas 2 y 3 de la tabla 3.7 muestran las estimaciones a partir de una distribución Binomial Negativa más flexible que relaja la hipótesis de que la media de los residuos debe ser igual a su varianza. Más específicamente, la columna 2 reporta las estimaciones de la regresión Binomial Negativa si la varianza se asume diferente de la media pero constante, mientras que la columna 3 muestra las estimaciones basándose en el supuesto de que la varianza no es constante sino una función de la media esperada.²⁵

Tabla 3.7. Estimaciones de un modelo de Poisson y regresión Binomial negativa Diferencias en Diferencias. Tramo de tratamiento Llanes-Llovio

	(1)	(2)	(3)
	Poisson	Neg. Binomial	Neg. Binomial
α	-7,497***	-7,633***	-7,497***
λ	-0,243	-0,120	-0,243
γ	-0,118	0,120	-0,118
β	-0,882***	-0,935***	-0,882***
Pearson's χ^2	205,892***		
$\ln(\alpha)$		0,209	
$\ln(\delta)$			-1,171***
n	92	92	92
Pseudo $-R^2$	0,126	0,054	0,062
Log of likelihood	-234,6	-211,51	-207,93

Nota: *, ** y *** representa estimaciones significativamente diferente de cero al 10%, 5% y 1%, respectivamente. Las varianzas (no mostradas en esta tabla) se estiman en sus respectivas versiones robustas a la heterocedasticidad. El test de bondad de ajuste de Pearson χ^2 se realiza sobre la hipótesis de que los datos siguen una distribución de Poisson. $\ln(\alpha)$ en la columna (2) es la estimación de (log de) parámetro α , mientras que $\ln(\delta)$ en la columna (3) es la estimación de (log of) parámetro δ .

²⁵Más específicamente, la regresión estimada en la columna (2) asume que la dispersión viene dada por $1 + \delta$, siendo δ un parámetro que debe ser estimado mientras que la estimación en (3) se basa en la asunción que la varianza tiene la forma $1 + \alpha \exp(\text{media})$, donde α tiene que ser estimado también.

En todas las especificaciones, se toma la media de la intensidad diaria de tráfico como una variable de exposición, para reflejar la idea de que los accidentes deberían ser más frecuentes cuando las intensidades de tráfico son más altas. Los resultados de la prueba de bondad de ajuste de Pearson sugieren que los datos no se distribuyen bajo los supuestos de media y varianza iguales y que una distribución Binomial Negativa debe ser la base de la estimación en lugar de una Poisson.

Independientemente de la estimación elegida, la estimación de los parámetros λ y γ sugieren, respectivamente, que no ha habido una diferencia significativa en los accidentes entre los dos períodos de tiempo para el caso de la zona no tratada (Unquera-Llanes) y que el diferencial en el período inicial entre las dos secciones no era significativamente diferente de cero, una vez los cambios en la intensidad de tráfico han sido controlados. Más notablemente, todas las ecuaciones estimadas muestran evidencia de un efecto (negativo) significativo de la carretera en el conteo de accidentes. Dado que las distribuciones asumidas son no lineales, los coeficientes de la tabla 3.7 no deben interpretarse directamente como efectos marginales, sino que se transforman en tasas de incidencia.

El efecto estimado es una reducción que oscila entre el 59% (en el Poisson y el Binomial Negativo con varianza constante) y el 61% (en el Binomial Negativo con varianza en función de la media).

b) efectos sobre la mortalidad

En este caso, dado el alto número de ceros que presenta la base de datos (esto es, el número de accidentes que no han derivado en fallecimiento de personas) se hace necesario controlar el dicha inflación de ceros. Por ello es preciso inicialmente, ver la probabilidad de que se produzca un accidente con muertos, y seguidamente calcular la diferencia habida en el número de fallecidos como consecuencia del accidente.

Los resultados obtenidos son los que se muestran en la tabla 3.8

Tabla 3.8. Estimaciones de un modelo de Poisson y regresión Binomial negativa Diferencias en Diferencias. Tramo de tratamiento Llanes-Llovio

	(1)	(2)	(3)	(3)
	Poisson	Poisson	Neg. Binomial	Neg. Binomial
α	-8,969*	-8,968***	-8,969***	-8,964***
λ	-0,601	-0,598	-0,600	-0,598
γ	0,975**	0,976**	0,975**	0,977**
β	-3,144***	-3,144***	-3,149***	-3,144***
Pearson's χ^2				
$\ln(\alpha)$			-13,677	-13,148
n	92	92	92	92
Log of likelihood	-77,547	-77,124	-77,154	-77,124

Nota: *, ** y *** representa estimaciones significativamente diferente de cero al 10%, 5% y 1%, respectivamente. La columna (1) representa el poisson según un modelo probit, la columna (2) Poisson según modelo logit.

En este caso el valor de sigue siendo significativo y muestra que el efecto de la autovía sobre la reducción de la mortalidad oscila entre un 60% y un 95%.

4.4. Efectos cuando en un mismo tramo coexiste carretera nacional y autovía. El caso de Lamadrid-Unquera

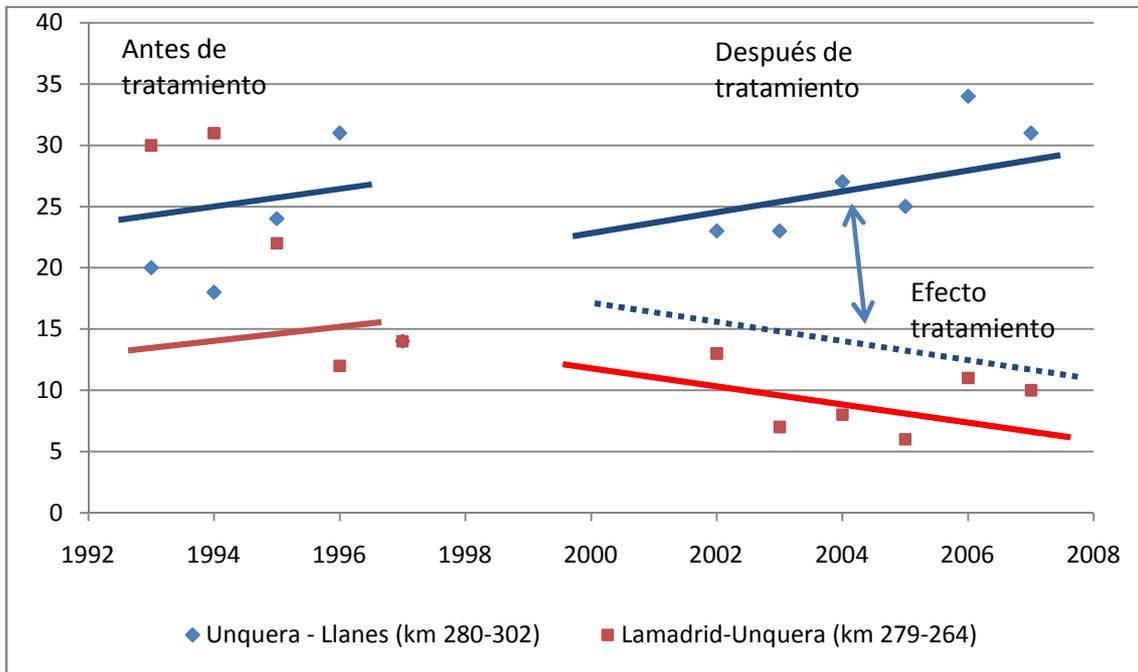
En este caso el tratamiento fue diferente. Mientras que en el tramo Llanes_Llovio la Autovía sustituyó la carretera nacional, el tramo Unquera-Lamadrid llevó el trazado de la autovía por un lugar completamente nuevo, dejando a los conductores la opción de conducir por carretera nacional, tal y como se ve en la figura 3.11.

Tabla 3.9. Valores medios de Intensidad Media Diaria de Tráfico (IMD) y accidentes en el tramo Unquera-Llanes y Lamadrid-Unquera

1993-1997 (Antes del tratamiento)	Intensidad Media Diaria de Tráfico	Accidentes anuales
Unquera-Llanes (grupo de control)	8.542	4,74
Lamadrid-Unquera (grupo de tratamiento)	15.279	21,80
Global	11.910	13,27
2002-2011 (Tras el tratamiento)		
Unquera-Llanes (grupo de control)	13.392	5,83
Lamadrid-Unquera (grupo de tratamiento)	17.380	9,20
Global	15.386	7,52

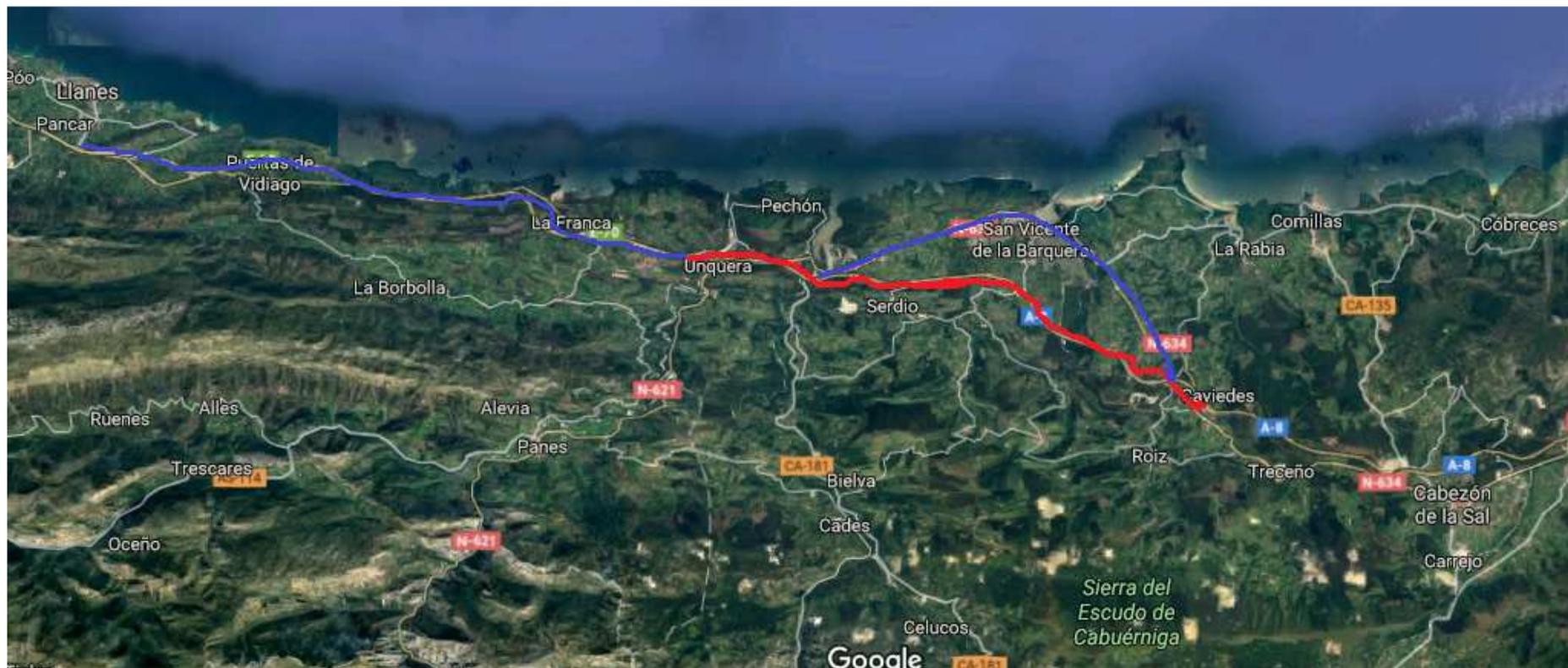
Fuente: elaboración propia a partir de datos de la Dirección General de Tráfico.

Figura 3.10. Tendencia de evolución de accidentes en el tramo Lamadrid-Unquera y en el tramo Unquera-Llanes



Fuente: elaboración propia a partir de datos de la Dirección General de Tráfico.

Figura 3.11. Tramo de estudio para la realización de un análisis experimental. Tramo Lamadrid-Unquera



— A-8
— N-634

Fuente: google maps.

a) efectos sobre los accidentes

Siguiendo el mismo método de trabajo hecho para el tramo Unquera-Llovio se hace ahora el análisis para el tramo Lamadrid-Unquera teniendo en cuenta que, al igual que en el apartado anterior, el tramo Unquera-Llanes es el tramo de control, pues en este tramo no se construyó autovía, y el tramo Lamadrid-Unquera es el tramo de tratamiento, con la peculiaridad de que en este tramo los conductores tienen la posibilidad de elegir seguir su ruta por la nueva autovía o por la carretera nacional previamente existente.

Los resultados obtenidos en este caso apuntan de nuevo a una caída significativa de los accidentes, aunque en este caso es algo menor que la registrada en el caso anterior. Cuando se observan estos datos en términos de incidencia, los resultados muestran que la caída de los accidentes debida a la creación de la autovía ronda en esta caso el 55% frente al 59-61% obtenido cuando se comparaba con el tramo Llanes-Llovio donde la autovía sustituyó completamente a la carretera nacional.

Tabla 3.10. Estimaciones de un modelo de Poisson y regresión Binomial negativa Diferencias en Diferencias. Tramo de tratamiento Lamadrid-Unquera

	(1)	(2)	(3)
	Poisson	Neg. Binomial	Neg. Binomial
α	-7,467***	-7,467***	-7,598***
λ	-0,243	-2,432	-0.118
γ	-0.209	-0.209	-0.101
β	-0.802**	-0.802**	-0.793**
Pearson's χ^2	288,225***		
$\ln(\alpha)$		-0.956***	
$\ln(\delta)$			0,677*
n	78	78	78
<i>Pseudo</i> - R^2	0.120	0.472	0.459
Log of likelihood	-239,53	-200,69	-200,73

Nota: *, ** y *** representa estimaciones significativamente diferente de cero al 10%, 5% y 1%, respectivamente. Las varianzas (no mostradas en esta tabla) se estiman en sus respectivas versiones robustas a la heterocedasticidad. El test de bondad de ajuste de Pearson χ^2 se realiza sobre la hipótesis de que los datos siguen una distribución de Poisson. $\ln(\alpha)$ en la columna (2) es la estimación de (log de) parámetro α , mientras que $\ln(\delta)$ en la columna (3) es la estimación de (log of) parámetro δ .

Fuente: elaboración propia a partir de datos de la Dirección General de Tráfico.

b) efectos sobre la mortalidad

La regresión hecha para la variable muertos en el caso de Lamadrid-Unquera no es significativa. El hecho de disponer de una alternativa de ruta por carretera nacional parece que/ hace que sigan produciéndose accidentes mortales, registrados principalmente en el tramo de carretera nacional, de ahí que en ninguno de los cuatro modelos estimados el hecho de construirse una autovía haya repercutido significativamente en una variación en el número de personas fallecidas en accidentes, aunque si hay repercutido significativamente en el número de accidentes.

**Tabla 3.11. Estimaciones de un modelo de Poisson y regresión Binomial negativa
Diferencias en Diferencias. Tramo de tratamiento Lamadrid-Unquera**

	(1)	(2)	(3)	(4)
	Poisson	Poisson	Neg. Binomial	Neg. Binomial
α	-9.097***	-9,114***	-9,097***	-9,114***
λ	-0.697*	-0.700*	-0.697*	-0.700*
γ	-0.815	-0.828	-0.815	-0.827
β	-0.742	-0.737	-0.742	-0.737
Pearson's χ^2				
$\ln(\alpha)$			-13.871	-17.506
n	78	78	78	78
Log of likelihood	-69.805	-69.859	-69.805	-69.859

Nota: *, ** y *** representa estimaciones significativamente diferente de cero al 10%, 5% y 1%, respectivamente. Nótese que en este caso la variable β es no significativa en todas las especificaciones del modelo.

Fuente: elaboración propia a partir de datos de la Dirección General de Tráfico.

5. Conclusiones

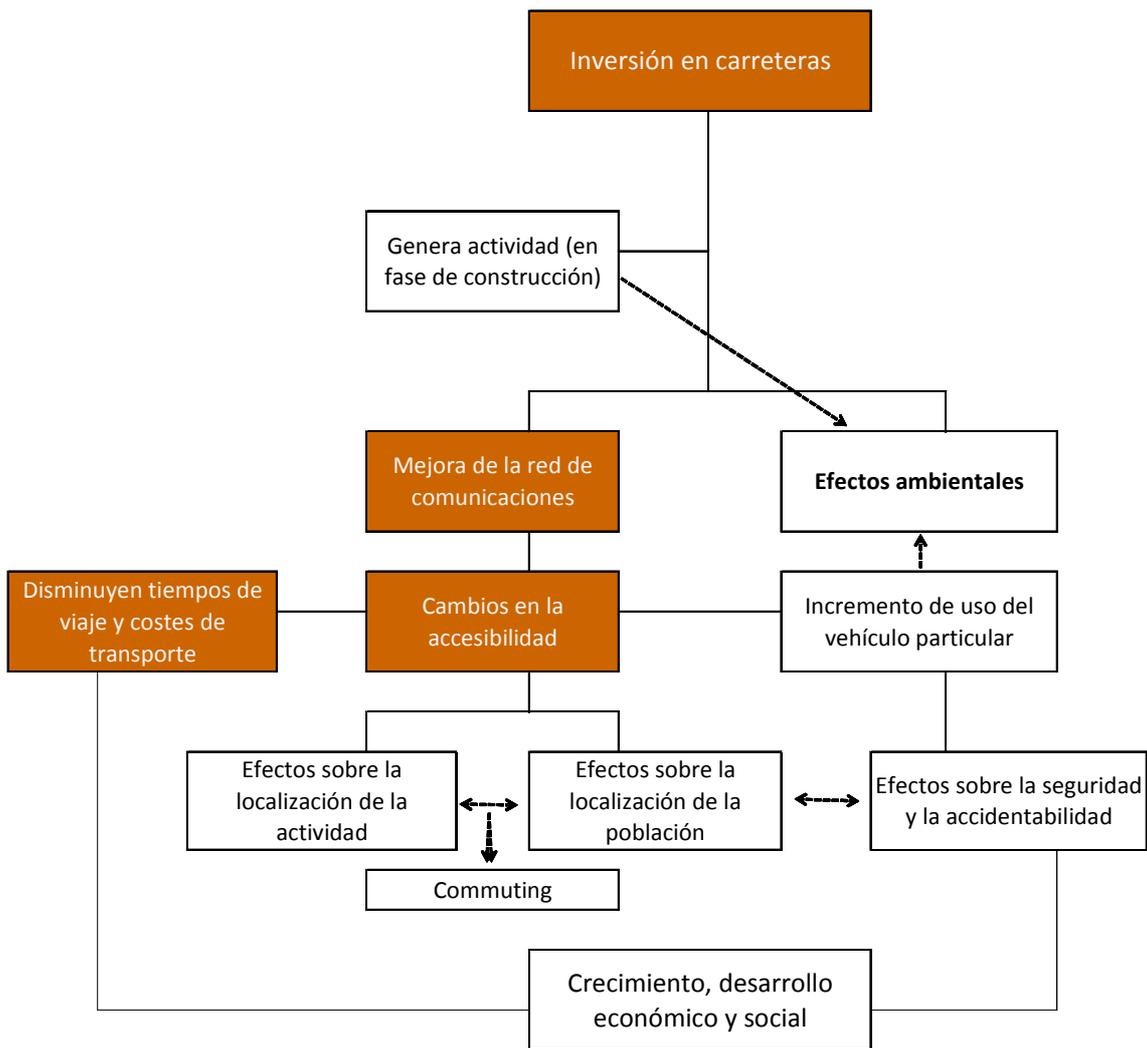
Este capítulo se ha centrado en la relación existente entre la mejora de las infraestructuras viarias y la accidentabilidad en carretera. En los últimos veinte años los accidentes de tráfico han disminuido considerablemente, como también lo ha hecho el número de fallecidos en carretera. En esto intervienen factores muy diversos como es la mejora de los sistemas de seguridad de los coches, la adopción de medidas coercitivas como el carnet por puntos y campañas de concienciación sobre las imprudencias en carretera. Sin embargo parece que el diseño de la carretera, en particular, el incremento de vías de alta capacidad, juegan un papel relevante en esto. De hecho, en este capítulo se ha revisado la evolución del registro de accidentes en los países europeos y en las provincias españolas y parece darse una relación directa entre incremento en la red de alta capacidad y disminución de los accidentes y víctimas mortales.

El hecho de que durante la construcción de la Autovía del Cantábrico en su paso por Asturias un tramo de carretera, el tramo Unquera-Llanes, sufriera un retraso histórico de más de diez años en ser convertido autovía, y permaneciera como un tramo de carretera nacional de doble sentido mientras los tramos adyacentes fueron convertidos en autovía, ha ofrecido la oportunidad de hacer uso de hacer un experimento natural que permite evaluar el efecto de las carreteras de alta capacidad sobre la accidentabilidad, a través del método Diferencias en Diferencias.

La investigación ha aportado pruebas sobre la disminución de la accidentabilidad en carretera y el aumento de la intensidad media diaria de vehículos en las zonas afectadas por la construcción de la autovía, constatado en los datos recibidos de la Dirección General de Tráfico y del Ministerio de Fomento a través de sus servicios estadísticos. El análisis de regresión realizado permite obtener estimadores significativos para las mejoras observadas en las tasas de accidentabilidad y de mortalidad. Así cuando se observa la evolución del tramo Unquera-Llanes, con carretera nacional, respecto al Llanes-Llovio, convertido íntegramente en autovía, se encuentran resultados significativos y como consecuencia de la autovía habría una disminución en torno al 60% de los accidentes y un 90% de la siniestralidad (accidentes con registro de fallecidos).

Cuando se repite el análisis comparando el caso de Unquera-Llanes con el otro tramo adyacente, Lamadrid-Unquera, los resultados no son significativos. En este caso la explicación se encuentra en que el tramo deja la opción al conductor de, en lugar de conducir por la autovía, seguir el viejo trazado de carretera nacional, donde se observa que siguen registrándose accidentes y muertos.

CAPÍTULO IV. UN ANÁLISIS EN TÉRMINOS DE ACCESIBILIDAD



Fuente: elaboración propia a partir de Banister y Berechmann, 2001.

“Antes las distancias eran mayores, porque el espacio se mide por el tiempo”

Jorge Luis Borges

1. Introducción

Un criterio básico para conocer el impacto de las infraestructuras de transporte es el de la accesibilidad, un aspecto cada vez más presente en la evaluación de cualquier plan o proyecto de transporte, y de importancia vital en una investigación como la aquí propuesta. De hecho, la accesibilidad es en la mayoría de los casos la base del análisis de aspectos como la cohesión económica (López et al. 2008) y el desarrollo económico (Banister y Berechman, 2000).

Como se ha explicado ya a lo largo de la tesis, dentro de las investigaciones realizadas en torno a los efectos de las infraestructuras de carretera es menos frecuente realizar análisis a una escala regional, pese a que diversas investigaciones (Weisbrod, y Treyz, 1998; Rietveld, y Bruinsma, 1998; Banister y Berechman, 2001; Holl, 2004; 2007) han concluido que es necesario disponer de más estudios a un nivel más bajo de desagregación espacial, pues a este escala de trabajo se puede conseguir una mayor evidencia de aspectos que a veces quedan desdibujados como, por ejemplo, los efectos distributivos.

Este capítulo plantea un análisis de accesibilidad desde esta óptica menos utilizada en la literatura: el nivel local. Se trata de discernir cómo han cambiado las distancias y tiempos de viaje de los municipios asturianos al amparo de los cambios en la red de carreteras y tiene el interés de que analiza el caso de una región localizada en una área periférica, la Cornisa Cantábrica, donde las infraestructuras de transporte estaban llamadas a tratar de romper ese tradicional aislamiento, como se explicaba en el capítulo primero. Se trata de ofrecer un resultado empírico en el debate de si, como resultado de la inversión en infraestructuras, las áreas periféricas mejoran su situación o empeoran, perdiendo aún más posiciones respecto al centro.

Tiene también el interés de que introduce como medida de accesibilidad una nueva forma de análisis, los modelos de radiación que se han utilizado recientemente como forma de estudiar los flujos de *commuting*, pero en el marco de esta tesis se proponen como un indicador de accesibilidad alternativo a los comunes modelos gravitacionales y exponenciales que hasta el momento han imperado en los análisis de accesibilidad.

2. El concepto de accesibilidad en la literatura de impacto de infraestructuras

Desde la economía regional y la economía urbana se viene insistiendo en que la accesibilidad es una pieza clave en el desarrollo y en la distribución espacial de la actividad económica (Krugman, 1991; Fujita et al. 1999) así como en la determinación de las rentas de suelo urbano (Alonso, 1964). Igualmente, se ha argumentado que las mejoras en la accesibilidad conducen a una mayor cohesión económica entendida ésta como una reducción en la desigualdad de la renta cuando la accesibilidad aumenta a favor de las regiones menos desarrolladas (Vickerman et al. 1999). Sin embargo, como ya se ha discutido en esta tesis, no está probado que las mejoras de accesibilidad deriven siempre en mejoras en el desarrollo de las regiones que presentan mayores problemas.

Parece claro que entender los cambios en la accesibilidad es fundamental para poder analizar los cambios económicos y sociales provocados por la inversión en la red de infraestructuras (Cascetta et. al., 2016), ya que, como señalan González y Nogués, (2016, p.94) “las mejoras en la calidad de vida de la población y en la competitividad económica en relación con cambios en el sistema de transporte solamente se generarán mientras estén asociados con cambios en la accesibilidad de los sitios afectados”.

Dada la importancia del concepto, parece necesario explicar que se entiende por accesibilidad para entender el alcance de su importancia. Tal y como exponen Bruinsma y Rietveld (2012), desde una perspectiva amplia, el término accesibilidad hace referencia a un potencial, un potencial para la interacción. Las definiciones del término son múltiples: una medida de las oportunidades de intercambio que se hacen posibles para empresas y personas (Holl, 2007), la medida en que el uso del suelo o la infraestructura de transportes permiten a los grupos de personas o bienes llegar a las actividades o destinos deseados (Geurs y van Wee, 2004) o una medida de las oportunidades que ofrece un lugar con el coste que implica alcanzar esa oportunidad (Batty, 2009).

Aunque, como se viene insistiendo, las definiciones del término de accesibilidad y las formas de medirlo son múltiples, dos palabras claves aparecen: por una parte, la localización, el espacio físico y, por otra parte, el sistema o la red de transporte (Hansen, 1959). De ahí que accesibilidad sea un término estrechamente ligado a las infraestructuras de transportes y no puede dejar de ser analizado en una tesis como la que aquí se defiende.

2.1. ¿Cómo medir la accesibilidad? Estado del arte

Al igual que existen muchas definiciones del concepto accesibilidad, existen también diversas formas de medirlo. Geurs y van Wee (2004) establecen cuatro ópticas desde las que se ha medido tradicionalmente la accesibilidad: medidas basadas en las infraestructuras, basadas en la localización, basadas en la utilidad, y basadas en la persona, aunque estas últimas han sido menos utilizadas para estudiar cambios en la accesibilidad, por ello en esta tesis no se van a tener en cuenta.

Al amparo de estas perspectivas se hace a continuación un repaso de varias investigaciones hechas al respecto y los problemas y ventajas que supone la medida utilizada en cada caso.

Medidas basadas en las infraestructuras

Como señalan Geurs y van Wee (2004), las medidas basadas en las infraestructuras indican aspectos específicos de las infraestructuras viarias tales como la congestión de la carretera, la velocidad permitida en la vía o la distancia física entre nodos. Estas medidas son comúnmente utilizadas en los estudios de planeamiento del sistema de transporte puesto que ofrecen una aproximación a la eficiencia y a la calidad de la red de transportes.

Un indicador basado en las infraestructuras es el índice de velocidad de ruta, SR, que se formula como un ratio entre el tiempo de viaje entre dos puntos, siguiendo el camino más corto, t_{ij} y el que llevaría si se hiciese ese mismo recorrido en línea recta a la velocidad media de la ruta. Este indicador se ha utilizado tanto en informes técnicos utilizados en el planeamiento de carreteras, como en la investigación de impacto de infraestructuras (Nogués y González, 2014).

$$SR_i = \sum_j \frac{T_{ij}}{T_{ij}^0} \quad (1)$$

Las medidas basadas en infraestructuras son indicadores fáciles de entender y de medir, pero han sido criticados por no incluir los impactos que puede generar el uso del suelo tales como el desarrollo urbano u otras estrategias de uso del suelo que pueden afectar a la distribución espacial de las actividades (Neuburger, 1971; Williams, 1976).

Medidas basadas en la localización

Las medidas basadas en la localización son las que analizan la accesibilidad a determinadas emplazamientos como, por ejemplo, el número de puestos de trabajo que hay a sesenta minutos de viaje de determinada localización o el número de personas que acceden a un hospital en treinta minutos. Dentro de este tipo de medidas tradicionalmente se distingue entre medidas de distancia, medidas de contorno y medidas de accesibilidad potencial.

El indicador de **medidas de distancia**, definido por Ingram en 1971, especifica el grado en que dos puntos están conectados dentro de una misma superficie. La forma más simple es dar una medida de la distancia que separa dos puntos en línea recta. Una extensión de este modelo es el indicador de localización que utiliza la masa de aglomeración urbana como una ponderación para valorar la importancia de las rutas que llevan el mismo tiempo (Gutiérrez, 2001). Se calcula siguiendo la siguiente expresión:

$$L_i = \frac{\sum_{j=1}^n (T_{ij} \cdot M_j)}{\sum_{j=1}^n M_j} \quad (2)$$

Donde L_i es la accesibilidad del nodo i , T_{ij} es el tiempo mínimo de viaje por la red entre i y la aglomeración j , y M_j es la masa de j , por ejemplo, población o producto interior bruto.

Una medida de este tipo recoge la localización de cada lugar y el punto al que un nuevo link (una nueva conexión sea a través de carretera o de tren) modifica su localización al reducir los tiempos de acceso a las aglomeraciones urbanas. Sin embargo, una de sus debilidades es que no tiene en cuenta la función de decaimiento de la distancia ni la importancia de los desplazamientos en las distancias cortas.

Cuando se trata de medir más de dos posibles destinos se usa el indicador **medida de contorno** o indicador de accesibilidad integral (también llamado medida isocrónica, de proximidad, o incluso accesibilidad diaria). Con este indicador se analiza el número de oportunidades que se pueden alcanzar en un tiempo determinado de viaje, distancia o coste. Es un método de análisis popular en los estudios de planeamiento urbano y análisis geográfico y ha sido utilizado por autores como Gutiérrez y Urbano (1996) o Bruinsma y Rietveld (1998).

Las ventajas de medir la accesibilidad con una medida de contorno derivan de la facilidad con la que se interpreta, no hacen ninguna suposición sobre la percepción que las personas tienen del transporte, o la interacción entre el uso del suelo y red de transportes. Uno de los inconvenientes que presentan es que no tienen en cuenta la distribución espacial de la demanda para una oportunidad (por ejemplo para acceder a los hospitales, trabajos o escuelas). y tampoco tiene en cuenta las percepciones individuales y preferencias, es decir, esta medida implica que todas las

oportunidades son igualmente deseables, independientemente del tiempo que se tarde en viajar de un lugar al otro. Por ello este modelo ha recibido la crítica de no ser una herramienta muy útil para hacer evaluaciones sociales y económicas o estudios sobre los cambios en el uso del suelo (Geurs y Rietsman, 2001).

Otra medida frecuente de accesibilidad son las **medidas de accesibilidad potencial**, y uno ampliamente conocido es el de potencial económico basado en un modelo de gravedad y comúnmente utilizado como medida de accesibilidad (Harris, 1954; Spence y Linneker, 1994; Gutiérrez, 2001). Según este modelo la accesibilidad entre un punto i y un punto j está positivamente relacionada con la masa de destino e inversamente proporcional a la distancia entre ambos, siguiendo la siguiente expresión matemática:

$$P_i = \sum_{j=1}^n \frac{M_j}{T_{ij}^\alpha} \quad (3)$$

Donde P_i es el potencial económico del nodo i , y α es un parámetro que refleja la tasa a la que se incrementa la fricción de la distancia (esto es, la función de decaimiento de la distancia). El valor de α debe ser estimado utilizando datos empíricos del comportamiento de viajes en el área de estudio. En numerosas investigaciones (Gutiérrez, 2001; Nogués 2016) se asume que el valor de α es 1, pues valores mayores implican dar mayor peso a las relaciones en las distancias cortas e incrementar el problema de *self potential*, esto es, la contribución del potencial de la propia ciudad en su indicador total de accesibilidad respecto al resto de lugares (Frost y Spence, 1995). Holl (2007) señala que el valor de α depende también del tipo de actividad que implica el desplazamiento. Por ejemplo, el desplazamiento a centros de trabajo, centros educativos u hospitalarios, que se supone se hacen a corta distancia, los valores de α serían más elevados que 1, mientras que en actividades industriales, que implican interacciones espaciales más grandes, el valor de α sería más bajo.

Por lo general, cuando se estima la accesibilidad entre países o regiones se ha dado un valor $\alpha=1$ (Gutiérrez, 2001,) mientras que en estudios de costes de transporte o logística (MacCann, 2005) se ha dado un valor $\alpha=0.5$. No obstante investigaciones más recientes tienen mayor consideración en las diferencias que suponen imponer al parámetro α un valor u otro e intentan con los datos disponibles dar un valor más preciso. Así Gutiérrez et al. 2011, calibran el valor de α a partir de las mercancías que se mueven en las NUTs 2 y obtienen un valor $\alpha=1.77$

Otra forma de medir la accesibilidad potencial es a través de una función exponencial que adopta la siguiente forma:

$$A_i = \sum_{j=1}^n D_j e^{-\beta c_{ij}} \quad (4)$$

donde A_i es la medida de accesibilidad de la zona i a todas las oportunidades D en la zona j , c_{ij} es el coste de viajar de i a j y β es el parámetro de sensibilidad a la distancia. De nuevo, la medida que se da a β tiene una influencia significativa en los resultados que se obtienen, por ello se debe obtener usando datos empíricos sobre los tiempos de viaje en la zona de análisis.

Es un indicador de alta tradición en estudios urbanos desde los años 40 (Stewart, 1947; Hansen, 1959; Vickerman, 1974). Los pros de esta medida es que evalúa de una forma combinada el efecto sobre el uso del suelo de la red de transportes e incorpora asunciones de las percepciones de la persona al usar la función de decaimiento de la distancia.

Es un indicador apropiado como indicador social para el nivel de acceso a oportunidades sociales y económicas de diversos grupos. También se pueden utilizar como un instrumento de análisis para evaluar el impacto social y económico de la red de transportes. Algunos autores (Weibull, 1976; van Wee et. al., 2001) incorporan efectos de competición dividiendo las oportunidades al alcance desde un origen zona i (oferta potencial) por la demanda potencial de la zona i . Este enfoque resulta útil cuando se quiere medir la accesibilidad entre distancias relativamente pequeñas.

Se resume en esto: el factor de equilibrio a_i y b_j asegura que la magnitud de flujo (viajes) originado en la zona i y destinado en la zona j iguala al número de actividad en la zona i (por ejemplo trabajadores) y j (por ejemplo trabajos). Tiene esta forma:

$$a_i = \sum_{j=1}^n \frac{1}{b_j} D e^{-\beta c_{ij}} \quad (5)$$

$$b_i = \sum_{j=1}^n \frac{1}{a_i} O_i e^{-\beta c_{ij}} \quad (6)$$

Medidas basadas en la utilidad

Las medidas de utilidad, identificadas tanto por Bhat et al. (2000) y Geurs y van Eck (2001), se utilizan para modelizar cómo se comportan las personas en la elección de un determinado camino entre otros posibles que le proporcionan la misma utilidad y conocer con ello el beneficio neto para los usuarios de una red de transporte.

En la literatura aparecen dos tipos de medias basadas en la utilidad, las medidas que utilizan modelos logit multinomial y las medidas de entropía doblemente restringido.

Las medidas logitm multinomial sirven como una medida de resumen, que indica la deseabilidad de entre toda una serie de elecciones, siguiendo la siguiente forma:

$$A_i = \ln \left(\sum_{k=1}^m e^{V_k} \right) \quad (7)$$

Donde A_i es el máximo nivel de utilidad esperado y V_k puede ser tomado como el número de actividades (trabajos, población) al alcance. Esta ecuación se puede monetarizar dividiéndola por un parámetro por un coeficiente de coste de transporte, de la siguiente forma:

$$A_i = -\frac{1}{\lambda} \left(\sum_{k=1}^m e^{V_k} \right) \quad (8)$$

Algunos ejemplos de la utilización de esta medida se encuentran en Niemeier (1997) que analiza modo-destino para los viajes de casa al trabajo en Washington y Levine (1998) que analiza la influencia de accesibilidad al trabajo de las áreas residenciales.

Los modelos de entropía doblemente restringidos, por su parte, incorporan una relación no lineal entre mejoras en la accesibilidad y cambios en los beneficios del usuario.

En general los modelos basados en utilidad incorporan relaciones no lineales y decrecientes entre mejoras en la accesibilidad y mejoras y cambios en la utilidad del usuario. Como resultado la medida puede indicar que es mejor incrementar la accesibilidad de individuos y localizaciones con bajos niveles de accesibilidad (por ejemplo, las regiones periféricas) que en localizaciones ya bastante accesibles (es decir áreas urbanas), pues la utilidad para los beneficiarios sería mayor.

2.2. Accesibilidad relativa: una crítica a las limitaciones de los modelos basados en medidas gravitacionales

De la revisión del conjunto de medidas propuestas, y en particular de las medidas basadas en un mercado potencial se desprende la idea de que un cambio en las infraestructuras provoca siempre resultados no negativos, es decir, ninguna localización va a presentar un indicador más bajo de accesibilidad A_j como consecuencia de la construcción de una nueva infraestructura.

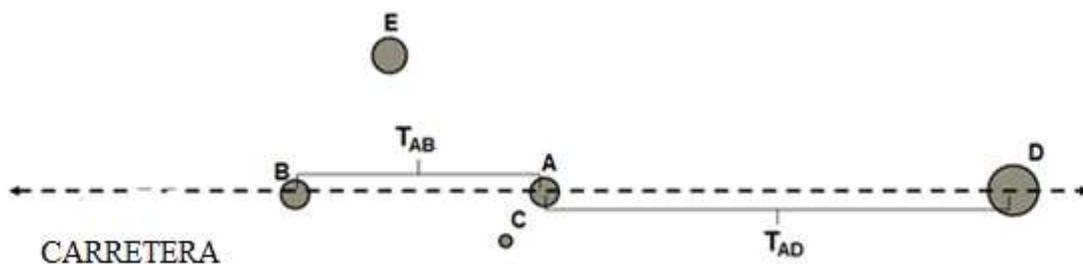
Para ilustrar esta idea gráficamente, consideremos un sistema de 5 localizaciones geográficas como la que se representa en la figura 4.1, donde el tamaño del círculo representa la masa -o

actividades económicas- en cada una de ellas. En este ejemplo visual, hay una carretera representada por una línea discontinua que une B, A y D, mientras que los puntos E y C no están conectados por esta carretera particular (pero aún es posible alcanzarla desde A utilizando otra infraestructura).

Según la intuición de un modelo de gravedad, un indicador de cómo de atractivo es alcanzar la localización B desde A viene dado por el producto de la masa de B (sea población, actividad económica) ponderada por los costes de transporte T_{AB} que representan tiempos de viaje, mientras que un razonamiento similar puede ser aplicado para cuantificar el atractivo de alcanzar D desde A basándose en la –relativamente más grande- masa de D y el –relativamente más amplio también- término T_{AD} . Manteniéndose todo lo demás igual, la carretera existente es la que condiciona el atractivo de cada localización al determinar los tiempos de viaje entre las localidades.

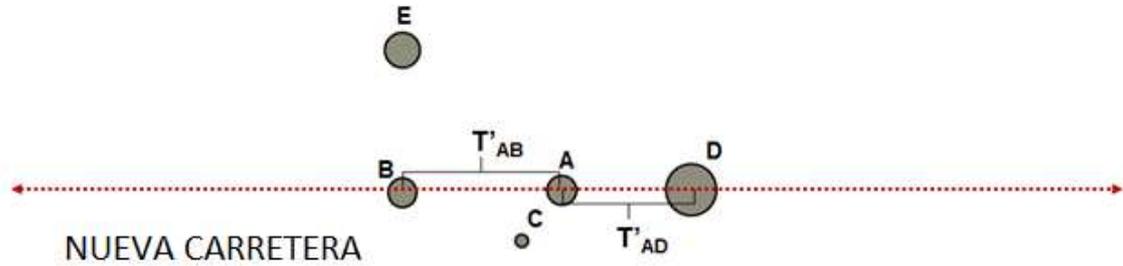
Asumamos ahora que se hace una inversión para mejorar la carretera y que dicha mejora implica reducciones en el tiempo necesario para viajar entre A, B y D. La representación visual de esta nueva situación se representa en la figura 4.2.

Figura 4.1. Sistema de 5 localizaciones donde tres de ellas (A,B,D) están conectadas por carretera



Fuente: elaboración propia.

Figura 4.2. Sistema de localización tras la inversión en carreteras



Fuente: elaboración propia.

La figura 4.2 representa el efecto de invertir en carreteras al ocasionar valores más bajos $T'_{AB} < T_{AB}$ y $T'_{AD} < T_{AD}$. Incluso cuando ambos tiempos de viaje se reducen como consecuencia de la inversión en carretera, la reducción no es simétrica sino más amplia para el tiempo de viaje entre A y D. Como consecuencia, aunque los tiempos de viaje desde A a B han disminuido, en términos relativos B es ahora menos atractivo para A dado que D está ahora más cerca. Nótese que esta caída potencial en la accesibilidad relativa no está capturada en los indicadores de accesibilidad como vienen definidos en la (3), que siempre produce variaciones no negativas en la accesibilidad—manteniéndose todos los demás términos constantes— cuando la inversión en infraestructuras deriva en reducciones en los tiempos de viaje.

Para superar estas limitaciones, la literatura reciente (Stelder, 2016) ha propuesto indicadores de de accesibilidad relativa simplemente re-escalando la expresión de A_j como:

$$RA_j = \frac{A_j}{\sum_i A_i} \quad (9)$$

donde RA_j es el indicador de accesibilidad relativa de la localización j , que se calcula como la parte del mercado potencial definido en (3) sobre la suma total. El indicador calculado antes de la inversión en infraestructuras, $RA_j(t - 1)$, puede ser comparado con su valor una vez la inversión ha sido realizada $RA_j(t)$ como la siguiente diferencia (o como medio de un ratio):

$$\Delta RA_j = RA_j(t) - RA_j(t - 1) \quad (10)$$

Los cambios en accesibilidad relativa pueden ser tanto positivos como negativos dependiendo del hecho de que (10) pueda ser respectivamente positivo o negativo. Nótese incluso mejoras

generalizadas en infraestructuras resultan en reducciones en los tiempos de viaje entre pares de localizaciones, los cambios en el índice de accesibilidad relativa será negativa para aquellos que pierdan peso en la participación en la suma $\sum_i A_i$. Stelder (2016) construye una base de datos histórica de la red europea de transportes para el período 1957–2012 y analiza los cambios relativos en la accesibilidad a través de una ecuación como la representada en (10) y calcula un índice de accesibilidad bruto A_j basado en modelos de gravedad tomando la población como una masa P_i y estableciendo un valor para el parámetro α igual a 0.5. Los resultados que se encuentran son pérdidas de accesibilidad para muchos países periféricos durante los primeros años, no obstante logran recuperarse tras 1990.

2.3. La contribución de los modelos de radiación en el cálculo de la accesibilidad

El enfoque presentado anteriormente para la cuantificación de los cambios en la accesibilidad relativa es simple y permite una extensión natural de los modelos de gravedad ampliamente utilizados para captar las ganancias o pérdidas relativas potenciales de accesibilidad derivadas de la inversión en infraestructura.

Los resultados obtenidos aplicando este enfoque siguen sujetos a cierto grado de arbitrariedad, ya que están parcialmente condicionados por la especificación del parámetro de gravedad α . Los indicadores de accesibilidad absoluta y relativa son sensibles a los valores de este parámetro y esto se establece arbitrariamente en la mayoría de los casos, basándose principalmente en alguna literatura anterior. Adicionalmente, la propia naturaleza del indicador presentado en (3), que define la accesibilidad relativa en forma de una cuota, conduce a variaciones agregadas en los indicadores de accesibilidad relativa igual a cero, por la propia forma como se construye el modelo.

En esta sección se presenta una alternativa a los indicadores tradicionales de accesibilidad basada en los modelos de radiación que inicialmente se han propuesto para aplicarse para describir los patrones de movilidad humana (véase Simini et al. 2012; y las extensiones del modelo presentadas en Liang et al. 2013; Ren et al. 2014; Yang et al. 2014; o Kang et al. 2015).

Estos modelos pertenecen al tipo que usa el concepto de oportunidades de intervención como una medida de las fricciones de transacción que define C_{ij} . En estos modelos (véase Stouffer, 1960; Wills, 1986; or Guldman, 1999) C_{ij} está determinado por el número de oportunidades que existen entre i y j , que está relacionado pero no es exactamente igual a la distancia física o tiempo de viaje entre ellos. Los modelos de radiación pueden ser enmarcados dentro de este enfoque, ya que la medida de impedancia S_{ij} entre las localizaciones i y j se define como la suma de las masas (oportunidades) P_k que se localizan dentro de un círculo que tiene como

centro i con un radio igual a la distancia -o al tiempo de viaje desde i a j . En otras palabras, $S_{ij} = \sum_{k \neq i, j} P_k$ puede ser interpretado como la suma de oportunidades en todos los destinos alternativos a j que pueden ser alcanzados desde i a una distancia, sea en tiempo de viaje o distancia física, igual o menor.

La masa y posición de las otras localizaciones vecinas a i y j juegan un papel al determinar el valor de S_{ij} . Como consecuencia, en espacios heterogéneos y opuestamente a la convención general de los modelos tipo de gravedad donde T_{ij} se asume que es igual a T_{ji} , S_{ij} no es necesariamente igual a S_{ji} .

La formulación básica de este modelo predice los flujos de i a j como sigue.

$$M_{ij} = \rho_i \frac{P_i P_j}{[P_i + S_{ij}][P_j + S_{ij}]} \quad (11)$$

donde M_{ij} es el flujo desde la localización i a la localización j y ρ_i es un parámetro escalar observable que mide el número total de flujos que salen desde i . La literatura reciente ha evaluado las capacidades de este modelo para ajustar y predecir los patrones de movilidad humana, encontrando resultados no unánimes: mientras que algunos autores encuentran que el enfoque de radiación supera a los modelos basados en gravedad para explicar la migración o viajes por carretera (Ren et al., 2014; Simini et al., 2012). Otros concluyen que alguna forma de ley de gravedad es superior con respecto a la predicción de flujos de desplazamiento, especialmente para viajes de corta distancia (Lenormand et al. 2016).

No es objeto de este capítulo discutir la bondad del modelo para predecir flujos, el objetivo de este trabajo es analizar el potencial para medir costes de transporte C_{ij} , a través de la suma S_{ij} si el objetivo es desarrollar alternativos indicadores de accesibilidad.

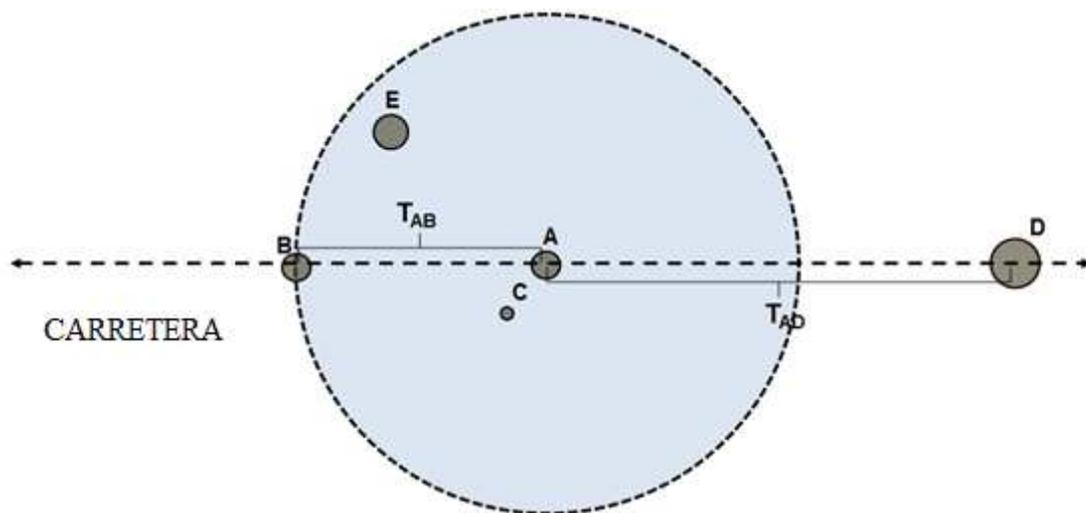
Nótese que S_{ij} , es una medida libre de parámetros de coste asociado para alcanzar la localización j desde i claramente dependiente de la localización geográfica de i y j :cuanta más baja es la distancia física o el tiempo de viaje entre i y j , más bajo es el valor de S_{ij} y se hace más atractivo alcanzar la localización j desde la localización i .

Como consecuencia, se podría esperar que la inversión en infraestructuras que representa un camino más corto en tiempos de viaje entre los puntos i y j necesariamente producirían consecuentemente reducciones del indicador S_{ij} . Sin embargo, si las inversiones afectan a otras localizaciones también (es decir, la inversión provoca una mejora total o parcial de las

condiciones de una red de carreteras que conecta varias localizaciones), S_{ij} podría también crecer.

Para ilustrar este efecto ambiguo en S_{ij} , se toma de nuevo como ejemplo el sistema de 5 localizaciones antes y después de una nueva carretera. La figura 4.3 representa el coste de alcanzar B desde A en la lógica de los modelos de radiación. Este coste se cuantifica como la suma de las masas de oportunidades de C y E, que pueden ser alcanzadas desde A a un coste más bajo

Figura 4.3. Sistema de 5 localizaciones donde tres de ellas (A,B,D) están conectadas por una carretera. El círculo con radio T_{AB} representa el coste de alcanzar B desde A (S_{AB}) en términos de un modelo de radiación

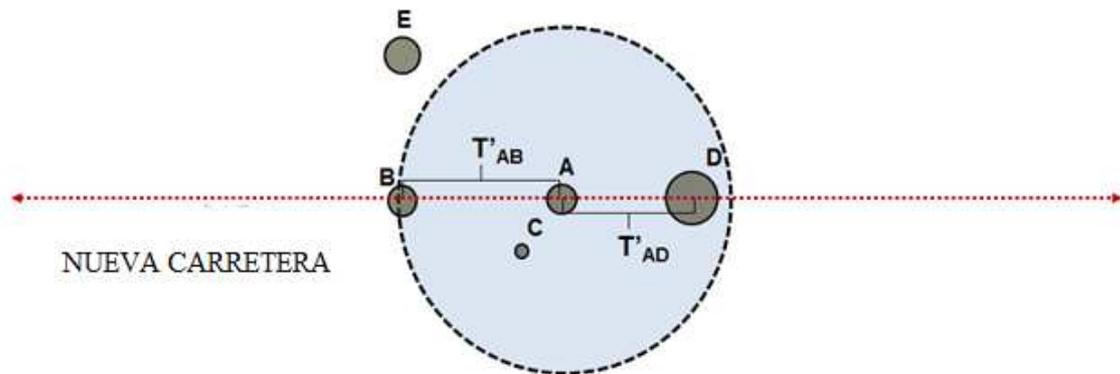


Fuente: elaboración propia.

Si se realizara una inversión en la carretera que une A, B y D, esto implicaría una pérdida del atractivo relativo de B desde A si la distancia física o de tiempos de viajes T_{AB} y T_{AD} se redujera de tal forma que D se encuentra ahora en un círculo en que T'_{AB} como se puede observar en la figura 4.4. La distancia o el tiempo que separa B desde A es ahora más bajo ($T'_{AB} < T_{AB}$). Sin embargo B es ahora menos atractivo para ir desde A dado que T'_{AD} es también más bajo que T_{AD} .

La consecuencia es que el coste de oportunidad de alcanzar B desde A, medido como S'_{AB} es mayor tras la inversión en infraestructuras, incluso aun cuando estas han contribuido a reducir el coste de llegar desde A hasta B.

Figura 4.4. Sistema de 5 localizaciones tras la inversión en carreteras. El círculo con radio T'_{AB} representa el coste de alcanzar B desde A (S'_{AB}) en términos de un modelo de radiación



Fuente: elaboración propia.

Esta idea nos permite dar una definición adicional de indicador de accesibilidad.

$$A_j^r = \sum_i (P_i / S_{ij}), \quad (12)$$

que se obtiene como la suma de la masa de la masa de cada localización i negativamente ponderada por el coste que representa alcanzar j desde i -en términos de oportunidades de intervención a j -. Nótese que A_j^r no se define como una parte, lo que implica que la suma agregada de los cambios no es necesariamente igual a cero. En otras palabras, si evaluamos la suma $\sum_i A_i^r(t - 1)$ y $\sum_i A_i^r(t)$ en períodos $t - 1$ y t respectivamente, la diferencia entre ambas sumas no es cero sino que puede tomar tanto valores positivos como negativos.

El signo y el tamaño de la diferencia vendrá determinado por ganancias o pérdidas comparativas de atractivo de las localización están afectadas por la inversión en infraestructuras

3. Accesibilidad en territorios periféricos: el caso de Asturias

La mayor parte de los estudios que analizan los cambios en la accesibilidad derivados del impacto de las infraestructuras se han basado en analizar los cambios entre regiones, quedando la investigación a escala regional menos atendida. En el caso de España existen algunos análisis empíricos concretos para determinadas regiones, como Castilla la Mancha (Martínez Sánchez-Mateos, 2012) o Cantabria (Nogués, 2016), pero por lo general, hasta el momento y dentro de nuestro conocimiento, es menos común esta escala de análisis, como también es más escaso el caso de las áreas periféricas, pese a su interés para analizar el impacto de las infraestructuras por la diversidad que albergan y la oportunidad que suponen para conocer los verdaderos efectos de las infraestructuras sobre la cohesión, como señalan Nogués y González (2014).

Para un análisis en la escala regional tres divisiones se pueden hacer: la de la Comunidad Autónoma, la de la provincia o la del municipio, que constituye el nivel más desagregado de análisis. En la OCDE la gran parte de los países utilizan como marco para el análisis territorial y el cálculo de las disparidades regionales unidades intermedias, áreas de análisis más agregadas que el municipio, pero más desagregadas que el de la provincia (por ejemplo, comarcas) porque trabajar con municipios supone analizar una gran cantidad de unidades y trabajar a nivel provincial supone perder valiosa información sobre las disparidades intrarregionales.

En este trabajo se avanza en la investigación realizada hasta el momento presentando un caso de estudio que analiza la accesibilidad a un nivel municipal y dentro de una región periférica, como se ha expuesto ya en la introducción y capítulo I de esta tesis. Se avanza también en la metodología utilizada pues incorpora dos herramientas que se presentan como de gran utilidad en el análisis económico y espacial: Los Sistemas de Información Geográfica, una herramienta común para geógrafos, geólogos, ingenieros, pero menos utilizada hasta el momento en el análisis económico, y el uso de la información disponible en aplicaciones como *google maps*, que ofrecen valiosa información para la investigación y está al alcance de cualquier ciudadano.

En las últimas décadas los Sistemas de Información Geográfica (SIG)²⁶ se han extendido como una herramienta básica en el análisis geográfico y en la planificación territorial (Sendra y García, 2000) así como en la planificación de localización de recursos públicos como es el caso de los hospitales o servicios sanitarios (Higgs, 2004). A través de la combinación de bases de

²⁶La acepción principal del concepto de SIG, tal y como dice el Instituto Geográfico Nacional es la de un Sistema de Información que gestiona Información Geográfica, es decir información georreferenciada. La definición más extendida de SIG, con pequeñas variaciones, es la establecida por el Departamento de Medio Ambiente (DoE), Burrough, Goodchild, Rhin y otros. «Conjunto integrado de medios y métodos informáticos, capaz de recoger, verificar, almacenar, gestionar, actualizar, manipular, recuperar, transformar, analizar, mostrar y transferir datos espacialmente referidos a la Tierra.»

datos y un software específico, los SIG ofrecen información detallada y precisa del territorio, permitiendo hacer cálculos como la distancia entre puntos o también los tiempos de viajes, por ello hasta el momento han sido una herramienta básica para la obtención de datos en los trabajos llevados a cabo sobre accesibilidad.

Sin embargo, a esta herramientas les ha surgido un competidor en su función de proveedor de datos actualizados de distancias: los *big data* y *google maps*, son aplicaciones comúnmente conocidas, que están al alcance de cualquier ciudadano y actualmente ofrecen a coste cero información detallada y precisa de distancias, tiempos de viaje y mejor ruta entre territorios.

Inicialmente en esta investigación se ha planteado utilizar *google maps* como fuente de información para la extracción de datos de distancia y de tiempos, por la facilidad con la que se puede obtener estos datos y la dificultad que plantea extraer información de SIG pues precisa tener conocimientos técnicos, bases de datos de redes de carreteras históricas, y un software no libre para el análisis del mismo. No obstante, la extracción de datos de *google maps* ha planteado dos problemas:

Por una parte *google maps* ofrece datos actualizados de tiempos de viaje y distancias en el momento, dada la red de carreteras actual, pero no permite hacer comparaciones históricas, tan sólo ofrece la posibilidad de comparar los datos con una situación sin autovía, pero con la red actual de carreteras, un cálculo que poco se asemeja al tiempo real que se empleaba en años pasados, con una red de carreteras muy diferente a la actual.

Por otra parte, pese a haber conseguido diseñar una aplicación- api- para descargar automáticamente los datos que ofrece *google maps* la descarga de datos de *google maps* está restringida a 1000 datos al día, por lo que el trabajo de extracción se hace pesado cuando se necesita conseguir cantidades ingentes de datos como los aquí necesarios.

En este caso se ha optado por estudiar los 78 municipios asturianos, teniendo en cuenta la relación con el resto de municipios españoles accesibles por carretera, salvo Ceuta y Melilla. Pero antes de llevar a cabo el análisis empírico se hace a continuación un repaso de las posibles formas de calcular la accesibilidad que han venido apareciendo en la literatura de análisis de accesibilidad.

Por tanto se ha decidido recurrir a los Sistemas de Información Geográfica para, a través de una matriz Origen Destino donde el origen es cada uno de los 78 municipios asturianos y el destino cada uno de 8200 municipios españoles, dados los tiempos de viaje y distancias que ofrece el cálculo que toma como referencia la red la red de carreteras en tres momentos diferentes: 1996, 2006 y 2015.

La elección de estos tres años no es arbitraria, responde a una cuestión de hitos en el desarrollo del desarrollo de la red de infraestructuras. Hasta entrados los años 90 Asturias contaba sólo con un tramo de autovía que unía las tres principales ciudades del centro y unos kilómetros de autopista destinados a unir el centro de la región con León. En 1996 se completaba la AP-66 y Asturias conseguía tener una salida hacia León, por primera vez estaba unida por carretera de alta capacidad con otra provincia. En 2006 era la costa oriental la que conseguía unirse por autovía con el centro. Y en 2015 la Autovía del Cantábrico unía Asturias de oriente a occidente proporcionando una salida hacia Europa a través de las regiones del norte español.

Para calcular las distancias se utiliza la red de carreteras de 1996, 2006 y 2015, asignando a cada tramo de carretera la velocidad estipulada según su orden estas son si es autopista o autovía se le asigna 110, si es carretera nacional 90, si es autonómica 60 y si es comarcal 45. A esa velocidad se le pone una restricción en función de la sinuosidad del terreno (si es una carretera con muchas curvas o con un grado de pendiente)²⁷.

Se utiliza *google maps* como herramienta de control que permite comprobar la bondad de de los datos que va arrojar el SIG utilizado. Como modo de comprobación se elige al azar en 2015 distintos puntos origen y destino y se observan los tiempos de viaje que estima el SIG y los tiempos de viaje que calcula *google*. Las diferencias encontradas, como se puede observar en la tabla 4.1 son muy pequeñas, por lo que da pie a pensar que el SIG que se está utilizando arroja valores fiables que servirán como base en el cálculo de la accesibilidad.

Tabla 4.1. Tiempos de viaje (minutos) entre municipios españoles en 1996, 2006 y 2015, según GIS y *google maps* 2015

Tramo	<i>Google maps</i>		GIS	
	2015	2015	2006	1996
Allande- Alegría Dulantzi (Álava)	287	287	521	593
Aller- Villarrobledo (Albacete)	402	395	539	554
Amieva- Petrer (Alicante)	493	494	649	675
Oviedo-Ribadedeva (Asturias)	76	71	88	140

Fuente: elaboración propia a partir de cálculo de matriz origen destino con Arcgis y de *google maps*.

Una vez medidos los tiempos de viaje entre cada origen (cada uno de los 78 municipios estudiados) y destino (cada uno de los restantes municipios españoles excepto los de los territorios insulares y Ceuta y Melilla) para el año 1996 y el año 2015 se puede hacer un cálculo de diferentes indicadores de accesibilidad según los diferentes modos explicados en el apartado anterior.

²⁷Agradezco al Grupo de Transporte de la Universidad Complutense de Madrid, especialmente a Javier Gutiérrez Puebla y María Henar Salas Olmedo el haberme facilitado la red de carreteras españolas actuales e históricas con las que he podido hacer el cálculo de la matriz origen-destino.

En esta investigación se plantea hacer un análisis que pueda ofrecer de una forma sencilla e intuitiva una aproximación a qué ha supuesto tener más kilómetros de autovía tanto para la población asturiana como para sus municipios, en términos de conectividad con el resto de municipios españoles.

Por ello, entre todas las formas posibles que se puede medir la accesibilidad, se elige en primer lugar hacer un análisis tipo medida de contorno (*contour measure*), a través de la que se calcula a cuanta gente se puede acceder en un determinado límite de tiempo, y en segundo lugar da un indicador de accesibilidad Potencial a través de una medida de gravitación como es la utilizada por Bruinsma y Rietveld (1998). Finalmente se ofrecen los resultados que se obtendrían si se hicieran los cálculos en los términos de un modelo de radiación como el anteriormente descrito.

3.1. Medidas de contorno

Un indicador claro y fácilmente comprensible de accesibilidad está asociado a las medidas que tienen en cuenta el entorno, esto es, a dónde se llega con una red de carreteras determinada, y a dónde se llegaría en ese mismo tiempo con una red de carreteras mejorada o ampliada.

Normalmente el límite de tiempo de viaje se asocia a jornadas de trabajo, pues es un indicador de la accesibilidad diaria. Cuando se mide a nivel regional, se suele tomar como indicador de límite máximo 30 minutos (Bertolini, le Clercq, y Kapoen, 2005), basándose en la evidencia empírica del *commuting* y la evidencia que han demostrado la media de las ciudades europeas.

En esta investigación se mide a qué población se podría llegar a 30 minutos y a 60 minutos. A priori, teniendo en cuenta el cambio en la red de carreteras, es lógico pensar que debe haber cambiado sustancialmente la situación desde 1996, año en el que en Asturias no había más de 90 kilómetros de autovía, a 2015, año en el que la región está cruzada de norte a sur y de este a oeste por autovías que la unen a las provincias vecinas.

Las figuras 4.5 a 4.10 representan el número de personas a las que se puede acceder en 30 minutos y 60 minutos desde cada municipio asturiano, dada la red de carreteras de 1996, 2006 y 2015 respectivamente. En 1996, por primera vez en la historia de la región hay una salida por autovía hacia otra provincia. Las oportunidades se ampliaron también en 2006 para los municipios de la costa oriental, que vieron cómo su potencial de mercado se incrementaba al unirse por autovía con los municipios del centro, mientras que los municipios de la costa occidental no verían aumentar sus oportunidades hasta 2015 con la finalización de la construcción de la Autovía del Cantábrico y la unión de Asturias con Galicia por vías de alta capacidad.

Figura 4.5. Accesibilidad a menos de 30 minutos en 1996

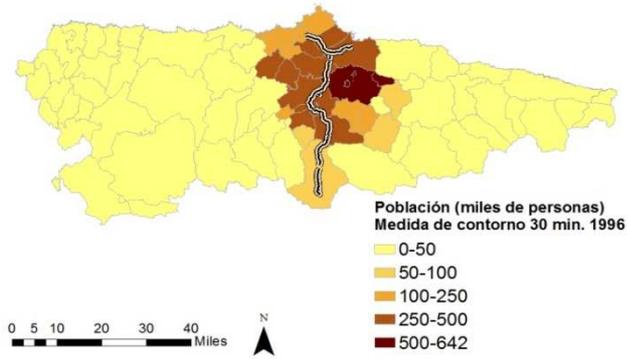


Figura 4.6. Accesibilidad a menos de 60 minutos en 1996

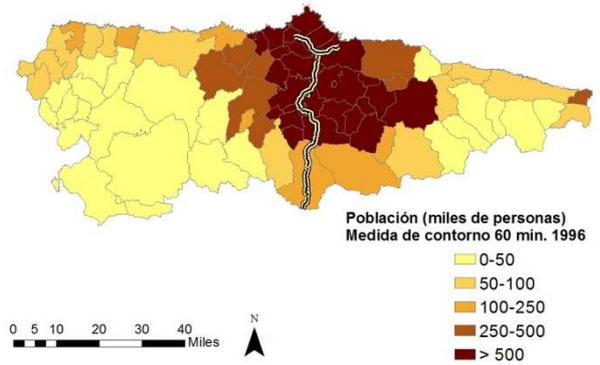


Figura 4.7. Accesibilidad a menos de 30 minutos en 2006

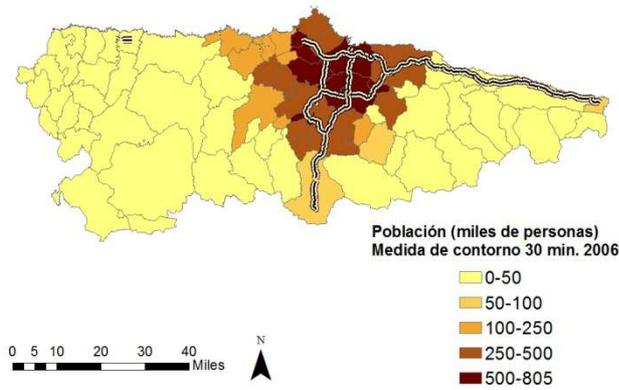


Figura 4.8. Accesibilidad a menos de 60 minutos en 2006

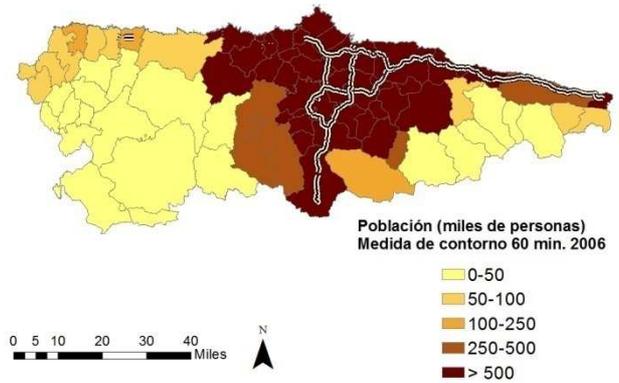


Figura 4.9. Accesibilidad a menos de 30 minutos en 2015

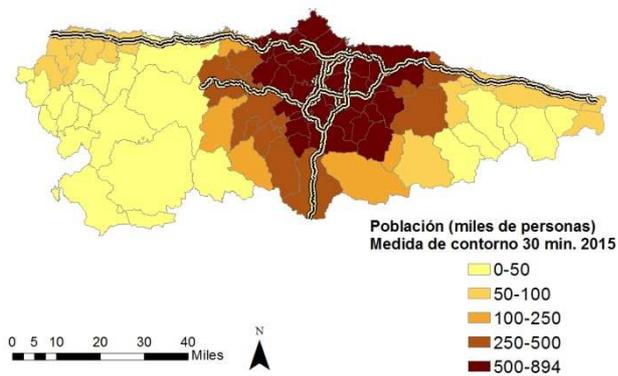
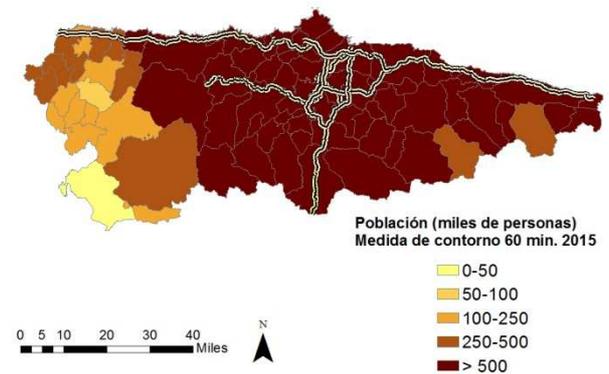


Figura 4.10. Accesibilidad a menos de 60 minutos en 2015



Fuente: elaboración propia a partir de datos de población del Padrón Municipal y la red de carreteras del Instituto Geográfico Nacional.

El análisis de los datos es claro en los resultados: cada vez es mayor el número de personas a las que se accede desde cada municipio, tanto en una franja de 30 como de 60 minutos, especialmente en este último caso, prácticamente todos los municipios asturianos pueden acceder a un mercado potencial de más de 500.000 personas en menos de 60 minutos.

No obstante ha de tenerse en cuenta que en este indicador, además de la red de carreteras, juega un papel clave la población, por ello no se debe olvidar que en las décadas analizadas ha habido cambios importantes en la distribución de la población que han afectado a esa variación en el indicador de accesibilidad.

Por eso se plantea hacer dos simulaciones: ¿a cuántas personas se habría llegado si no hubiera cambiado la población, pero sí la red de carreteras? y lo inverso, ¿a cuántas personas se llegaría si se mantuviese la red de 1996 pero la población actual?

Simulación 1: ¿qué población alcanzaríamos en 30 minutos si en el momento actual tuviéramos la misma población que en 1996 y la red de carreteras de 2015? En los municipios a los que ahora llego en treinta minutos, ¿cuántas personas habría?

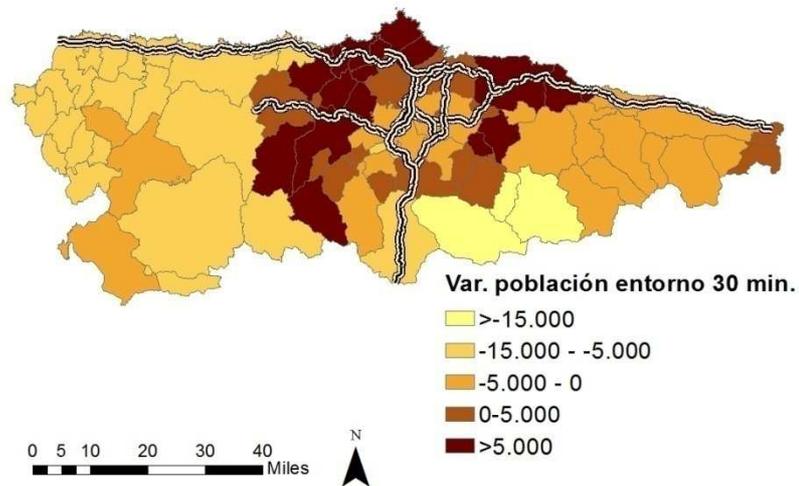
Para entender esta simulación se parte de un ejemplo explicativo:

Un total de 5.023 personas habitarían en el entorno del municipio de Allande a 30 minutos dada la población de 2015 y los tiempos de viaje de 2015, mientras que en 1996 a 30 minutos sólo se encontraba la población que habitaba en dicho municipio, es decir 2.663 personas. Parece que el desarrollo de la red de carreteras en Asturias, pese a que este municipio no se ve atravesado por ningún tramo de autovía, ha permitido llegar a casi 2.400 personas más que a las que se llegaba en 1996.

Sin embargo, si la población fuese la misma que en 1996 y las infraestructuras las actuales, en ese mismo entorno habría 7.196 personas, con lo que este municipio aun habiendo mejorado relativamente su situación realmente habría perdido 2.273 personas del entorno (5.023 que hay actualmente menos 7.196 que habría si no hubiese variado la población).

Este mismo razonamiento se aplica al resto de municipios y el resultado es el que se refleja en la figura 4.11.

Figura 4.11. Variación en el número de personas a las que se llega en 30 minutos, con la red de carreteras actual y la población de 1996



Fuente: elaboración propia a partir de datos de población del Padrón Municipal y la red de carreteras del Instituto Geográfico Nacional.

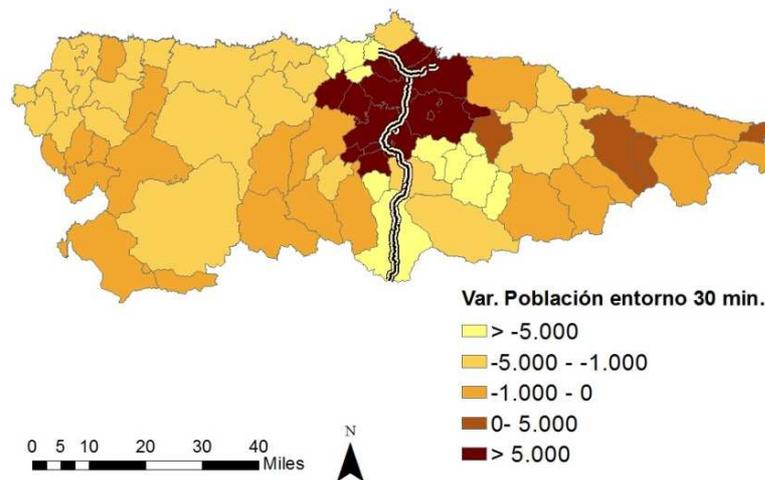
De esta simulación se obtiene esta conclusión: Aunque hubiese mejorado la accesibilidad de todos los municipios, aun teniendo la red de transportes actuales, habría variado de una forma importante la accesibilidad de los municipios al haber disminuido considerablemente la población del entorno en la mayor parte de los municipios asturianos. Este hecho es mucho más acusado en el occidente (la parte donde se tardó más en desarrollar la red de autovías) que en el oriente.

Por otra parte los municipios del entorno de las ciudades principales habrían ganado accesibilidad tanto por haber sido las mayores beneficiarias de la inversión en carreteras, como por ser los municipios en cuyo entorno se ha concentrado más población.

Simulación 2: ¿qué población alcanzaríamos a 30 minutos si con la población de 2015 se dispusiera de la red de carreteras de 1996?

Para entender esta segunda simulación se vuelve al ejemplo de Allande, aunque ahora se cambia el supuesto. Ahora se supone que la población es la actual, pero la red de carreteras es la de 1996. En este caso las personas que se situarían en el entorno de Allande a 30 minutos serían tan sólo las del municipio, esto es 1826, frente a las 3259 que habría si consideráramos la población de 1996 en vez de la actual.

Figura 4.12. Variación en el número de personas a las que se llega en 30 minutos, con la red de carreteras de 1996 y la población de 2015



Fuente: elaboración propia a partir de datos de población del Padrón Municipal y la red de carreteras del Instituto Geográfico Nacional.

una vez más se obtiene un efecto muy importante de la red de carreteras en los municipios del centro y escaso efecto en las alas oriental y occidental.

3.2. Accesibilidad potencial

Se propone realizar un cálculo de accesibilidad como el propuesto por Bruinsma y Rietveld (1995), definiendo la accesibilidad en el contexto de un modelo de gravedad. Como se ha explicado anteriormente, la accesibilidad de cada municipio se estima mediante la suma ponderada de la población de todos los municipios, según la fórmula de potencial económico definida en (3).

$$Accesibilidad_j = \sum_i \frac{Pob_i}{T_{ij}^\alpha}$$

Donde Pob_i es la población del municipio i y T_{ij} es el tiempo que se tarda en alcanzar el municipio j desde el municipio i . Por ejemplo la accesibilidad de Oviedo vendría definida por el sumatorio de la población de Allande dividida por el tiempo que se tarda en llegar de Allande a Oviedo + población de Aller dividida entre el tiempo que se tarda entre Aller y Oviedo + población de Gijón dividido el tiempo que hay entre Gijón y Oviedo y así sucesivamente hasta haber alcanzado todos los municipios de España. Con esto decimos que el atractivo del destino es inversamente proporcional al coste de viajar (distancia o tiempo de viaje) entre los nodos.

Una duda que surge en el cálculo de un índice como el propuesto por Bruinsma y Rietveld (1995) es qué cantidad de municipios se debe incluir en el análisis para obtener un buen indicador de accesibilidad. Si se consideran sólo los municipios de Asturias habría una infravaloración de la potencialidad de relacionarse con los municipios vecinos que corresponden a otras provincias, siendo los grandes perjudicados en esta forma de análisis los municipios limítrofes con otras provincias, pues se está midiendo la accesibilidad de estos municipios en relación con municipios de la propia provincia que están muy alejados y no se considera la accesibilidad respecto a los municipios vecinos por pertenecer a otra provincia. Para evitar problemas de definición (¿sólo los municipios de dentro de la provincia? ¿se ha de incluir los limítrofes, aunque sean de otras provincias? ¿y qué ocurre con municipios cercanos a los limítrofes?) se ha decidido medir el tiempo de viaje de cada uno de los municipios asturianos (78) con respecto a todos los municipios españoles, salvo los pertenecientes a las islas Canarias y Baleares y las ciudades Autónomas de Ceuta y Melilla.

Una segunda duda que surge es la asignación de un valor al parámetro α . Este parámetro normalmente es **1** en estudios a nivel internacional o nacional, ya que mayores valores sobrevaloran las relaciones entre los países o provincias más cercanas e incrementa el problema

relacionado con la accesibilidad interna a las grandes ciudades conocido como *self potential* (López et. al, 2008, González y Nogués, 2016).

En este análisis se van a tener en cuenta diferentes alternativas con base en la literatura previa: $\alpha=1$; $\alpha=0.5$; $\alpha=2$ y se toma como tiempo medio de desplazamiento dentro del propio municipio 10 minutos, al ser este el tiempo medio de desplazamiento que, según el censo, tienen las personas que trabajan y viven en el mismo municipio.

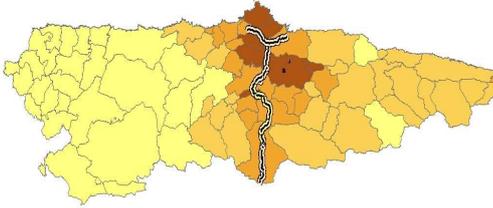
Los indicadores de accesibilidad obtenidos para el año 1996, 2006 y 2015 varían mucho en función del valor que se da al parámetro de decaimiento de la distancia, α . Cuando se inicia el ejercicio con el caso más simple, este es, $\alpha=1$, los indicadores de accesibilidad obtenidos muestran una región cuyo centro, fundamentalmente los municipios atravesados por el primer tramo de autovía que disfrutó Asturias (la llamada Y que une los tres grandes municipios asturianos: Avilés-Gijón y Oviedo) son sin duda los que tienen los valores más altos de accesibilidad. Se observa también que el ala oriental presenta indicadores más altos de accesibilidad que los del ala occidental, una tendencia que se refuerza con el paso de los años y con el desarrollo de red de alta capacidad. La tendencia parece ser que cuanto más alejado está del centro de la región, menos accesible es el municipio, aunque se esté teniendo en cuenta en el cálculo todos los municipios españoles (véase figura 4.13, 4.16 y 4.19).

Por el contrario, cuando el valor dado es $\alpha=2$ se observa un incremento de la accesibilidad en todos los municipios asturianos, independientemente de su posición y los niveles son muy similares en todos ellos, salvo en Noreña y Siero, que presentan los niveles más altos, dada su posición en el centro de Asturias y rodeados de todos los municipios de mayor población de la región (véase figuras 4.14, 4.17 y 4.20).

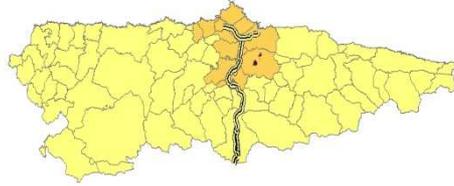
Finalmente cuando el valor dado es $\alpha=0.5$ los indicadores de accesibilidad son muy altos en todos los municipios asturianos, salvo en los del occidente, que no sufren ninguna modificación en sus indicadores de accesibilidad como consecuencia del desarrollo de la autovía, mientras que en el oriente por el contrario parece haber afectado negativamente a algunos municipios pequeños e interiores del oriente (véase figura 4.15, 4.18 y 4.21).

Por lo tanto, el valor que se dé al parámetro α juega un papel importante para conocer el efecto de las infraestructuras, de ahí la importancia de calibrar su valor para dar una correcta interpretación y medida del efecto sobre la accesibilidad de la red de infraestructuras.

**Figura 4.13. Índice de accesibilidad
1996
 $\alpha = 1$**



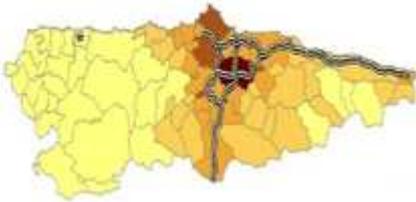
**Figura 4.14. Índice de accesibilidad
1996
 $\alpha = 2$**



**Figura 4.15. Índice de accesibilidad
1996
 $\alpha = 0,5$**



**Figura 4.16. Índice de accesibilidad
2006
 $\alpha = 1$**



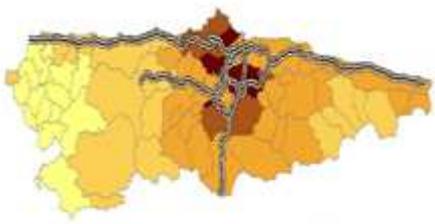
**Figura 4.17. Índice de accesibilidad
2006
 $\alpha = 2$**



**Figura 4.18. Índice de accesibilidad
2006
 $\alpha = 0,5$**



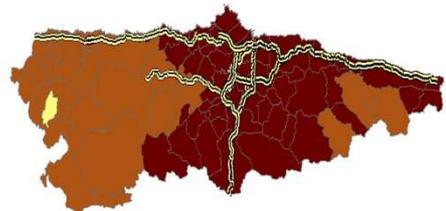
**Figura 4.19. Índice de accesibilidad
2015
 $\alpha = 1$**



**Figura 4.20. Índice de accesibilidad
2015
 $\alpha = 2$**



**Figura 4.21. Índice de accesibilidad
2015
 $\alpha = 0,5$**



En el marco de esta tesis, al centrarse como luego se explicará un nuevo modelo de indicador donde el valor de α no juega un papel relevante, no se discute en profundidad el valor del calibrador y se recurre a los valores tradicionalmente considerados, no obstante, sí se ha tratado de calcular su valor, como se explica en el anexo IV, a través de los flujos de *commuting* que ofrece el censo y los valores obtenidos son iguales a 1,7.

Independientemente del valor de α elegido, la comparación del índice de accesibilidad de los municipios asturianos de 2015 respecto a 1996 resulta en cambios positivos para la práctica totalidad de los municipios asturianos, pero son mucho más importantes en el centro de la región y en la ala oriental, lo que nos lleva a la misma conclusión obtenida cuando hicimos en cálculo de la medida de contorno: El efecto de las infraestructuras sobre la variación de la accesibilidad es mucho más importante en el centro y entorno que en el occidente, a este hecho pudo haber contribuido de forma importante el retraso en la construcción de la autovía en el área occidental así como el hecho de situarse en el entorno de un área mucho menos dinámica que la del oriente.

Estos cambios se deben tanto a cambios en la red de carreteras como a cambios en la distribución de la población.

Si IA_j^i es el índice de accesibilidad del municipio z , donde i representa la población y j las infraestructuras en momento t , la variación de la accesibilidad del municipio entre 2015 y 1996 viene dada por las diferencias debidas a los cambios provocados por la red de infraestructuras (efecto infraestructuras) y las debidas a los cambios en la población (efecto población), esto es

$$IA_{2015}^{2015} - IA_{1996}^{1996} = (IA_{2015}^{2015} - IA_{2015}^{1996}) + (IA_{2015}^{1996} - IA_{1996}^{1996}) \quad (13)$$

o lo que es lo mismo:

$$IA_{2015}^{2015} - IA_{1996}^{1996} = (IA_{1996}^{2015} - IA_{1996}^{1996}) + (IA_{2015}^{2015} - IA_{2015}^{1996}) \quad (14)$$

Efecto infraestructuras

Representa el cambio en el índice de accesibilidad debido exclusivamente al efecto de las infraestructuras, se calcula por la diferencia entre el índice de accesibilidad actual y el que tendríamos si tuviéramos la red de carreteras de 1996, esto es:

$$\text{Efecto Infraestructuras} = (IA_{2015}^{2015} - IA_{1996}^{2015}) \quad (15)$$

O lo que es lo mismo, la variación entre el índice que tendríamos si consideráramos la población de 1996 con la red de carreteras actual y el índice de accesibilidad que tendríamos con la población y la red de carreteras de 1996

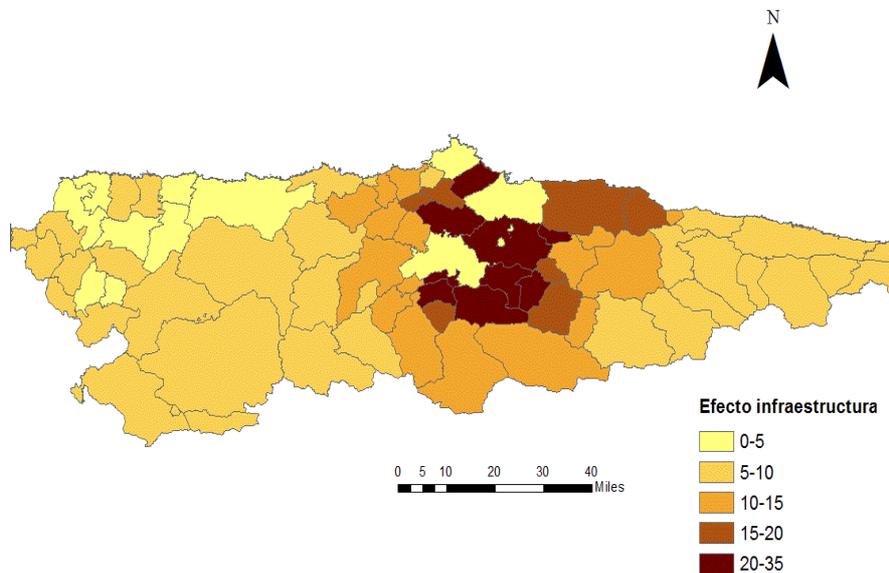
$$\text{Efecto Infraestructuras} = (IA_{2015}^{1996} - IA_{1996}^{1996}) \quad (16)$$

De este análisis se concluye que el desarrollo de la red de carreteras entre 1996 y 2015 ha tenido un efecto positivo en todos los municipios asturianos, siendo especialmente elevado en los municipios que rodean los municipios principales de Asturias, sin que supusieran cambios tan importantes para las dos principales ciudades, Gijón y Oviedo. Por otro lado son los que están la costa oriental donde el efecto infraestructuras ha sido menos importante, apuntando una vez más hacia la hipótesis de que el retraso en la construcción de la autovía puede tener haber sobre la variación de la accesibilidad.

$$\text{Efecto población} = (IA_{2015}^{2015} - IA_{1996}^{2015}) \quad (17)$$

o lo que es lo mismo, la variación entre el índice que tendríamos si consideráramos la población actual con la red de carreteras de 1996 y el índice de accesibilidad con la población y red de carreteras de 1996.

$$\text{Efecto población} = (IA_{1996}^{2015} - IA_{1996}^{1996}) \quad (18)$$

Figura 4.22. Efecto infraestructura, 1996-2015

Fuente: elaboración propia a partir de datos de población del Padrón Municipal y la red de carreteras del Instituto Geográfico Nacional.

De este análisis se desprende que, tal y como apuntaba Holl para el caso de España, pese al enorme esfuerzo inversor e incremento en la dotación de vías de alta capacidad y la mejora de carreteras regionales, parece que los patrones de accesibilidad a un mercado potencial siguen manteniéndose, y son los municipios más poblados, Oviedo, Gijón y Avilés y sus alrededores, las que siguen teniendo los indicadores más altos de accesibilidad. Todo apunta a que la red de carreteras ha reforzado la accesibilidad en el centro, frente a las alas, respondiendo el occidente mucho peor que el oriente.

Pero, aun manteniéndose esos patrones de acceso a un mercado potencial similar es evidente que todos los municipios han ganado mejoras en accesibilidad, y que son los habitantes de la región los que en primer término sean los beneficiarios de esa mejora, ya que son los que experimentan la mejora en los desplazamientos diarios a sus trabajos, a los centros de ocio y en especial a servicios como son la educación y la sanidad (Biosca et al. 2013).

3.3. Modelo de radiación

Como se había comentado en la parte metodológica, en los modelos de gravedad los efectos de las infraestructuras al calcular un indicador de accesibilidad son siempre positivos, por la propia definición del indicador. En ningún caso es negativo.

Sin embargo, como se ha argumentado en el apartado segundo, puede ser que como consecuencia de la mejora de infraestructuras un municipio pierda atractivo al competir ahora con otros municipios en el mismo radio de oportunidades.

Se calcula el indicador de accesibilidad como se ha definido en (12)

$$A_j^r = \sum_i (P_i / S_{ij})$$

donde, como se ha explicado ya, $S_{ij} = \sum_{k \neq i, j} P_k$ puede ser interpretado como la suma de oportunidades en todos los destinos alternativos a j que pueden ser alcanzados desde i a una distancia, sea en tiempo de viaje o distancia física, igual o menor.

En un modelo de radiación como el aquí descrito la variación en la accesibilidad está afectada por S_{ij} . Recuérdese el argumento dado inicialmente según el cual S_{ij} es una medida libre de parámetros de coste asociado para alcanzar la localización j desde i y es claramente dependiente de la localización geográfica de i y j : cuanto más baja sea la distancia física o el tiempo de viaje entre i y j más bajo el valor de S_{ij} y se hace más atractivo alcanzar la localización j desde i . Como consecuencia cabría esperar que las inversiones en infraestructuras que representan reducciones en tiempos de viaje deriven en reducciones en S_{ij} . Sin embargo si las inversiones afectan a otras localizaciones también, S_{ij} podría crecer.

Por tanto, en un modelo de radiación cuando se evalúa la suma $\sum_i A_i^r(t-1)$ y $\sum_i A_i^r(t)$ en períodos $t-1$ y t respectivamente, la diferencia entre ambas sumas no es cero, sino que puede tomar tanto valores positivos como negativos.

Para hacer la medida del indicador basado en el modelo de radiación se tiene en cuenta los tiempos de viaje entre todos los municipios asturianos y las capitales de provincia españolas, y se descompone luego el efecto, midiendo en una primera fase los cambios en los tiempos de viaje únicamente entre los municipios asturianos, y en otra segunda fase los cambios en los tiempos de viaje entre los municipios asturianos y las capitales de provincia española. En todo el análisis se supone que la población no ha variado entre 1996 y 2015, con ello se obtiene exclusivamente el efecto de las infraestructuras. Se contraponen esto con lo que daría un modelo de gravedad con diferentes parámetros α donde los efectos de las infraestructuras son siempre positivos.

Los resultados obtenidos para el modelo de radiación se contraponen a los que daría una medida de variación relativa como la propuesta por Stelder (2016) en la que se da diferentes valores al

parámetro $\alpha=1$, $\alpha=0,5$ y $\alpha=2$ como se hizo para el caso de modelo de mercado potencial medido a través del índice de Bruinsma y Rietveld (1998). Los resultados obtenidos son los que se representan en las figuras 4.23 a 4.28. En ellos se observan diferencias significativas con respecto a los resultados encontrados hasta el momento.

En el caso del modelo de radiación (figuras 4.23, 4.25 y 4.27), contrariamente a lo que ocurre en los otros dos modelos, se encuentra que prácticamente toda la región, salvo los municipios más poblados de la región, han mejorado su indicador de accesibilidad. Sin embargo esto presenta rasgos específicos: cuando se analizan los cambios sólo entre los municipios asturianos, sólo unos pocos municipios del centro interior (Tineo, Cangas de Narcea, Los Oscos) habrían mejorado su indicador. Recuérdese que esta zona en la que ha sufrido mayores retrasos en la mejora de su red de carreteras y a ellos nunca llegó una vía de alta capacidad. Por el contrario, cuando se mide el indicador con respecto a las capitales de provincia, se obtienen valores positivos en prácticamente todos los municipios por donde no transcurre una red de alta capacidad. Esto tiene que ver con las peculiaridades descritas de este modelo donde el atractivo de los municipios viene determinado por el atractivo del resto de los municipios, cuando los demás mejoran están compitiendo entre sí para atraer población, mientras que los que no ven mejorada su red siguen siendo igual de atractivos en su posición.

Un indicador de accesibilidad relativa como el definido por Stelder (2016) llevaría a resultados igualmente diferentes aunque en la misma línea que el modelo de radiación (figuras 4.24, 4.26 y 4.28): el occidente tendría variaciones positivas en sus indicadores de accesibilidad, determinadas principalmente por los cambios que se producen cuando se introduce en el análisis la distancia a las capitales de provincia españolas. De nuevo el indicador dado a α aporta diferencias significativas en la importancia de las variaciones (figuras 4.29 a 4.34).

Hasta ahora los indicadores de accesibilidad basados en mercado potencial han sido los imperantes en el análisis económico, introducir un nuevo indicador basado en S_{ij} como aquí se propone probablemente cambiaría los resultados obtenidos en varias investigaciones realizadas hasta el momento en temas donde la medida de accesibilidad juega un papel para determinar aspectos como la productividad regional (Maroto y Zofio, 2016) o los costes de transporte (Zofio et al. 2014).

Figura 4.23. Modelo radiación. Total

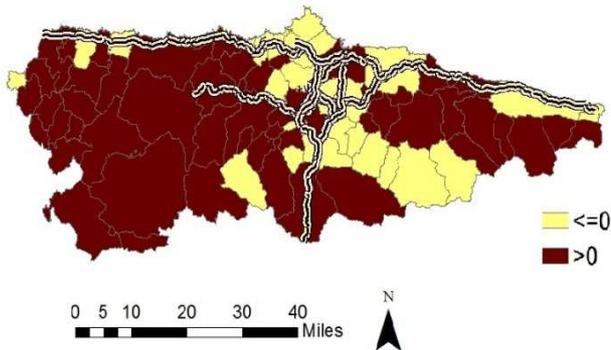


Figura 4.24. Modelo de gravedad. $\alpha = 1$. Total

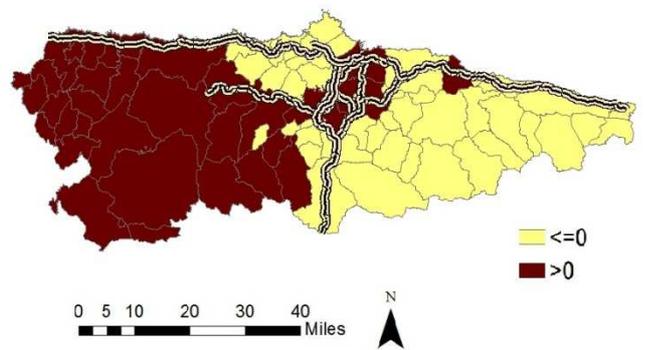


Figura 4.25. Modelo radiación. Entre Municipios

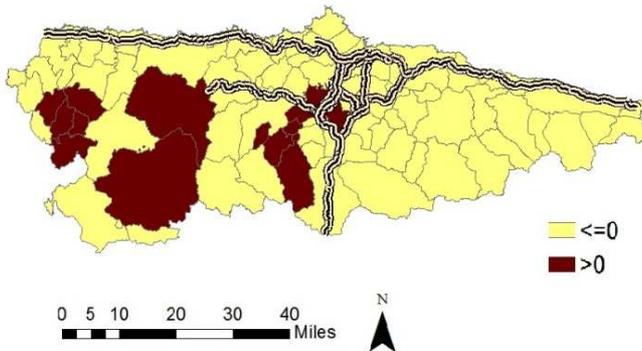


Figura 4.26. Modelo de gravedad $\alpha = 1$. Entre Municipios

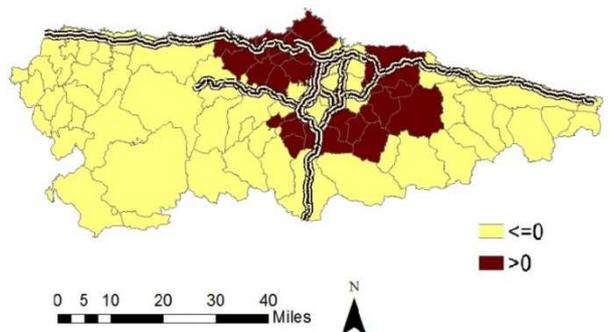


Figura 4.27. Modelo radiación. Provincias

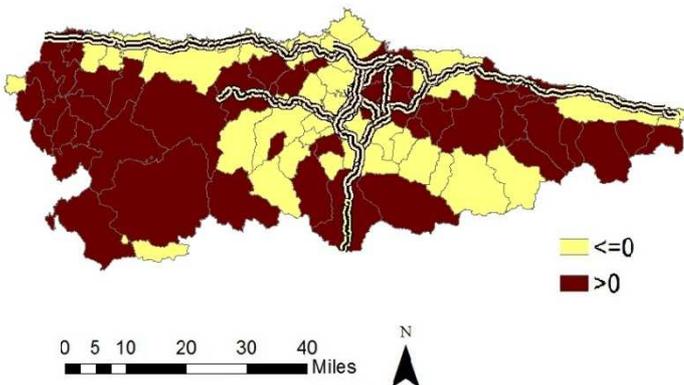
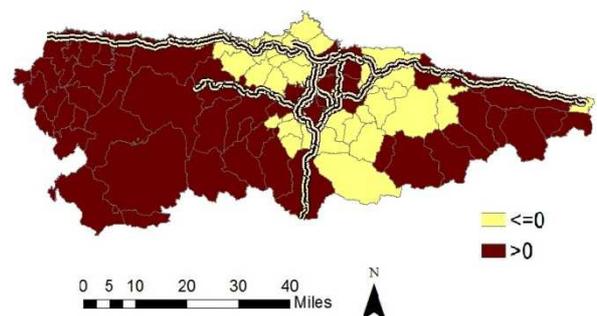


Figura 4.28. Modelo de gravedad 2015 $\alpha = 1$. Provincias



Fuente: elaboración propia a partir de datos de población del Padrón Municipal y la red de carreteras del Instituto Geográfico Nacional.

Figura 4.29. Modelo de gravedad . $\alpha=0.5$. Total

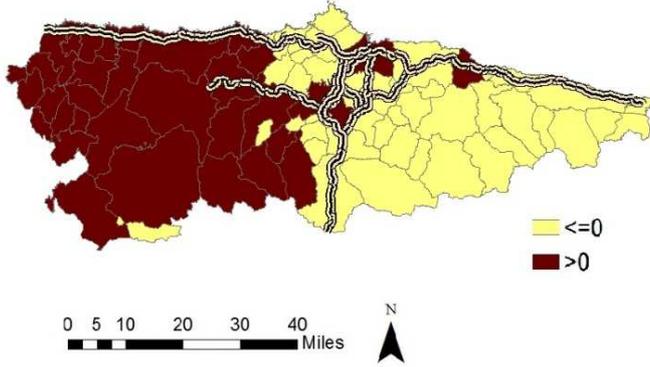


Figura 4.30. Modelo de gravedad. $\alpha=2$. Total

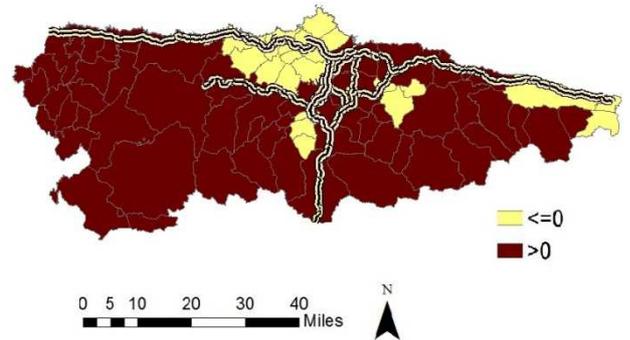


Figura 4.31. Modelo de gravedad $\alpha=0.5$. Entre Municipios

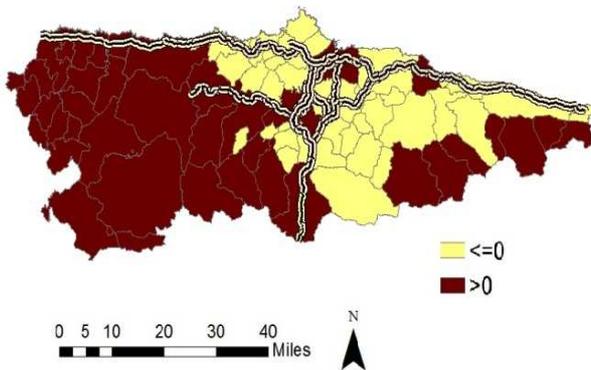


Figura 4.32. Modelo de gravedad $\alpha=2$. Entre Municipios

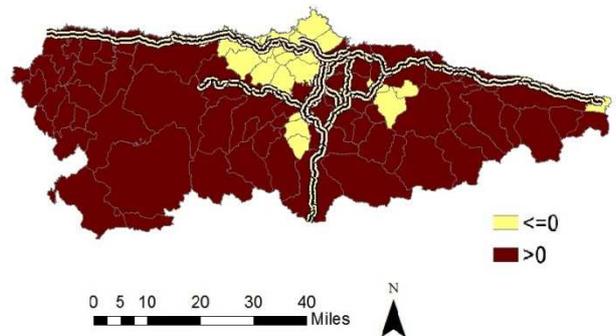


Figura 4.33. Modelo de gravedad 2015 $\alpha=0.5$. Provincias

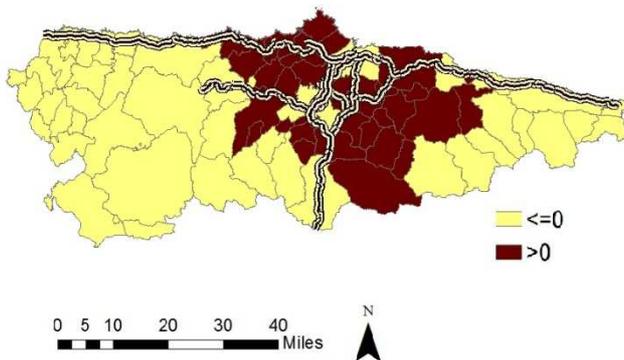
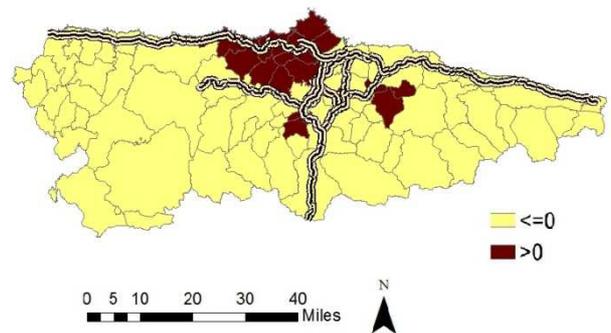


Figura 4.34. Modelo de gravedad 2015 $\alpha=2$. Provincias



Fuente: elaboración propia a partir de datos de población del Padrón Municipal y la red de carreteras del Instituto Geográfico Nacional.

4. Un caso de estudio: el cambio en el tiempo de acceso a los hospitales en Asturias

Los cambios en los tiempos de viaje, además de cambios en la accesibilidad, tienen una fuerte relevancia para el mercado exterior y la competitividad de los productos asturianos. En esta tesis no se va a hacer hincapié sobre ello y se dejará este tema para futuros trabajos de investigación, pero sí se considera conveniente realizar al menos, un estudio sobre cómo ha afectado esto a la población asturiana en términos de bienestar y por ello se ha elegido hacer un estudio sobre los cambios que ha habido en los últimos veinte años en el acceso a los hospitales, al ser este un aspecto básico para la salud pública y un tema objeto de estudio en la literatura en los últimos años.

El análisis del tiempo de acceso a un hospital ha estado en el centro de atención de la investigación en diferentes campos, desde el planeamiento socioeconómico a los estudios de economía de la salud y de investigación geográfica. Neutens (2015) realiza un análisis detallado de los estudios que se han llevado a cabo sobre accesibilidad a hospitales. De su análisis concluye que el interés por la relación entre accesibilidad, equidad y salud está reviviendo y hoy en día ofrecer una medida adecuada y equitativa de tiempos de acceso a un hospital público se ha convertido en un aspecto de creciente importancia para los encargados de diseñar políticas públicas y llevar a cabo reformas sanitarias.

La evidencia empírica ha mostrado que las barreras espaciales entre paciente y centros sanitarios y hospitales contribuye a un nivel más bajo de utilización de los servicios sanitarios y de cuidado de la salud, así como un decrecimiento del seguimiento de servicios preventivos. Varias investigaciones han remarcado esta relación, por ejemplo, la investigación de Nattinger et al. (2001) revela que cuanto más largas son las distancias entre paciente y hospital menor es el uso y seguimiento de un tratamiento de radiación tras la extirpación de un tumor. Currie y Reagan (2003) encontraron que por cada kilómetro adicional al hospital más cerca no hay una disminución de un 3% en la probabilidad de que a un niño se le haya realizado un chequeo médico. Dai (2010), estudiando la población de Detroit, encuentra que es más probable que las mujeres acudan a hacerse una mamografía si viven cerca de una clínica. Además, la distribución espacial de los centros sanitarios pueden tener mayores implicaciones en determinados grupos de población, especialmente de aquellos que viven en zonas poco pobladas y con escasa disponibilidad local de prestaciones de atención sanitaria más fuertes aún cuando es una población envejecida y existe una situación de restricción presupuestaria.

En España los estudios académicos sobre accesibilidad a centros hospitalarios no son tan frecuentes como en el caso americano. Quizás una de las razones de este hecho sea que la regulación sectorial de la salud (Ley 14/1986 de 25 de Abril, General de Sanidad) trata de salvar

los desequilibrios regionales y sociales en el acceso a la sanidad. Para dotar de mayor efectividad esta intención otorga a las CCAA poder para delimitar y constituir en sus territorios diferentes Áreas de Salud, que según el art. 56 de la Ley General de Sanidad, son las estructuras fundamentales del sistema sanitario, responsabilizadas de la gestión unitaria de los centros y establecimientos del Servicio de Salud de la Comunidad Autónoma en su demarcación territorial y de las prestaciones sanitarias y programas sanitarios a desarrollar por ellos.

Las CCAA desarrollan ese poder legislando sus propias leyes autonómicas. En Asturias la Ley 1/1992, de 2 de julio, del Servicio de Salud del Principado de Asturias, en su artículo 19, delimita el territorio asturiano en ocho áreas sanitarias, teniendo en cuenta factores geográficos, demográficos, epidemiológicos, socioeconómicos, culturales y de vías y medios de comunicación. Cada área sanitaria tiene una cabecera con un centro especializado de referencia (un hospital de cabecera). En el caso de Cantabria es el Decreto 27/2011 de 31 de marzo el que delimita el territorio cántabro en cuatro áreas de Salud, teniendo en cuenta los mismos factores antes mencionados.

En esta investigación se analizan los cambios en los tiempos de viaje a los centros hospitalarios públicos para conocer cómo las infraestructuras de transporte han contribuido a mejorar la accesibilidad a un aspecto básico en cualquier Estado del Bienestar como es el cuidado de la salud. Para tener una mejor comprensión de la realidad asturiana se hace el mismo trabajo con Cantabria, al ser ésta una comunidad vecina que presenta características muy similares a la asturiana, donde el impacto de las carreteras debe haber jugado un papel muy similar al que han jugado en Asturias, al menos en lo que temas de integración social se refiere.

Las figuras 4.35 y 4.36 muestran, respectivamente, la distribución territorial de las áreas sanitarias, el mapa de hospitales y la red de carreteras de Asturias y Cantabria.

Figura 4.35. Red de carreteras y hospitales de Asturias según Área de Salud, 2014



Fuente: elaboración propia a partir de datos del Instituto Geográfico Nacional (BTN100).

Figura 4.36. Red de carreteras y hospitales de Asturias según Área de Salud, 2014



Fuente: elaboración propia a partir de datos del Instituto Geográfico Nacional (BTN100).

La distribución de centros hospitalarios entre 2000 y 2013 y los municipios que integran cada área sanitaria se ha mantenido igual entre el año 2000 y 2013 con la excepción de la construcción de un nuevo hospital en el área sanitaria III de Cantabria, con cabecera Reinosa, inaugurado en el año 2010 y que da cobertura a once municipios antes atendidos en el área de Torrelavega. Las tablas siguientes muestran el número de personas a las que atiende cada área tomando como medida de cálculo los datos de población municipales que ofrece el último padrón, y el padrón del año 2000.

En la lectura de la tabla 4.2. se observa la pérdida de población en todas las áreas excepto en las áreas IV y V (el área central de Asturias) siendo el descenso más acusado en las áreas sanitarias II y VII (suroccidente de Asturias y cuenca del caudal).

Tabla 4.2. Población a la que atiende cada Área Sanitaria, Asturias

Área de Salud	Población a la que atiende 2013	Población a la que atiende 2000	Incremento (%) de la población 2000-2013
I: cabecera Jarrío	48.147	55.522	-15,5
II: cabecera Cangas del Narcea	28.812	36.311	-26,0
III: cabecera Avilés	153.802	157.108	-2,1
IV: cabecera Oviedo	341.162	314.925	7,7
V: cabecera Gijón	301.103	292.258	2,9
VI: cabecera Arriendas	51.986	54.346	-4,5
VII: cabecera Mieres	65.798	78.805	-19,8
VIII: cabecera Langreo	77.355	87.292	-12,8
Población total	1.068.165	1.076.567	-0,8

Fuente: elaboración propia a partir de los Datos del Padrón Municipal, INE.

Por el contrario Cantabria ha incrementado su población en todas las áreas, si bien, el incremento más fuerte ha sido en los municipios que comprenden el área sanitaria de Laredo.

Tabla 4.3. Población a la que atiende cada Área Sanitaria, Cantabria

Área de Salud	Población a la que atiende 2013	Población a la que atiende 2000	Incremento (%) de la población 2000-2013
I: cabecera Santander	323.140	290.582	10,1
II: cabecera Laredo	101.213	79.045	21,9
III: cabecera Reinosa	19.406	(21.744)*	
IV: cabecera Torrelavega	148.129	161.532**	-3,6
Población total	591.888	531.159	10,3

Fuente: elaboración propia a partir de los Datos del Padrón Municipal, INE.

*Las 21.744 personas del área sanitaria 3 en el año 2000 eran atendidas en Torrelavega (área 4)

** De las 161.532 personas que atiende el área 4, 21.744 corresponden al área 3 que se son atendidas en Torrelavega por la inexistencia de hospital en el año 2000

Conocida la red de infraestructuras de carreteras de las regiones, la distribución territorial de las áreas sanitarias y la población, se hace un estudio de los tiempos que se tarda actualmente en acceder desde cada núcleo de población (entidades colectivas-parroquias) según el Nomenclátor del INE) al hospital que les corresponde según la ubicación del municipio al que pertenecen. Esto da una medida de accesibilidad de la población a centros hospitalarios considerándose que el desplazamiento se realiza en vehículo particular y respetando los límites de velocidad actualmente impuesto. A partir del dato de tiempos se hace un análisis de la eficiencia y equidad de la localización del hospital, siguiendo el mismo criterio que el seguido por Burkey et al. (2012), según el cual se mide la eficiencia en la localización como el porcentaje de la población que llega en menos de 30 minutos al hospital que le corresponde, y se mide la equidad en términos de concentración, para lo cual se calcula un índice de Gini, donde valores más cercanos a 0 indican poca desigualdad y valores cercanos a 1 mucha desigualdad.

En primer lugar se hace un análisis descriptivo en el que se indica la población a la que atiende cada área y los tiempos medios de desplazamientos, luego se observan los cambios distinguiendo si ese cambio se debe en la distribución de la población y cambios debidos a la construcción de carreteras y finalmente se miran los efectos por áreas sanitarias.

Una vez medida la distancia y el tiempo de acceso de todos los núcleos de población al hospital de referencia (al que le corresponde según la pertenencia del municipio al área de salud de referencia) se hace una valoración de accesibilidad geográfica mediante la identificación de los estándares marcados en la planificación sectorial. Se toma como referencia de tiempo de acceso al hospital el estándar de 30 minutos. La accesibilidad óptima sería 15 minutos; a partir de 30 minutos se considera una accesibilidad desfavorable.

Los resultados que tenemos son los siguientes: En Asturias en 2013 hay 154 núcleos de población que tendrían acceso a un hospital en menos de 15 minutos, (778.090 personas), 253 núcleos (186.270 personas) acceden entre 15 y 30 minutos. Es decir, el 93% de la población tendría acceso a un hospital en menos de 30 minutos. Habría 207 (51.631 personas) en núcleos con accesibilidad desfavorable y 174 (22.428 personas) con accesibilidad muy desfavorable, es decir más de 45 minutos.

No obstante estos resultados se han mejorado considerablemente respecto al año 2000, sobre todo en el número de núcleos que han conseguido dejar de tener una accesibilidad de más de 45 minutos (67 núcleos).

Tabla 4.4. Tiempo de acceso al hospital de cabecera en Asturias

Tiempo de acceso al hospital más cercano	Número de personas		Número de núcleos de población	
	2013	2000	2013	2000
Menos de 15 minutos	778.090	739.314	154	143
Entre 15 y 30 minutos	216.016	186.270	324	253
Entre 30 y 45 minutos	51.631	91.867	207	222
Más de 45 minutos	22.428	59.116	174	241
Totales	1.068.165	1.076.567	859	859

Fuente: elaboración propia.

No obstante, en el año 2013 sigue habiendo un número considerable de núcleos de población en Asturias con una accesibilidad superior a 45 minutos. Los que dan esos peores resultados están situados mayoritariamente en las áreas del suroccidente y del suroriente. En el anexo IV tabla a10 se muestra el resumen de los municipios donde se concentran los núcleos de población donde habitan las personas con peor accesibilidad a hospitales.

En cuanto a Cantabria los resultados obtenidos parecen ser más favorables que en Asturias. En 2013 el 95,3% de la población (60,3% de los núcleos) tendría acceso al hospital en menos de 30 minutos, frente al 80% de la población (34,6% de los núcleos) que tardaba ese tiempo en el año 2000. Por otra parte, se duplicó el número de núcleos de población que pasaron a tener acceso al hospital en menos de 15 minutos y casi llega a duplicarse también los que acceden en menos de 30 minutos.

Tabla 4.5. Tiempo de acceso al hospital de cabecera en Cantabria

Tiempo de acceso al hospital más cercano	Número de personas		Número de núcleos de población	
	2013	2000	2013	2000
Menos de 15 minutos	391.574	306.121	175	80
Entre 15 y 30 minutos	172.370	119.504	379	238
Entre 30 y 45 minutos	17.051	80.941	159	229
Más de 45 minutos	10.893	24.593	205	371
Totales	591.888	531.159	918	918

Fuente: elaboración propia.

El anexo IV tabla a11 se muestra el número de núcleos de población que en 2013 tardan más de 45 minutos en llegar al hospital: son 205 núcleos (10.893 personas) y se sitúan todas ellas en la parte más occidental y del sur de la región.

Una visión más detallada de los cambios que se producen en la accesibilidad deja ver que una gran parte de los núcleos de población de Cantabria se benefician de la construcción de la

autovía, pues en el 2013 se utilizan tramos de carretera que en el 2000 no existían y dificultaban la comunicación. Por el contrario en Asturias, pese a construirse varios tramos de autovía, esto no mejoró tanto la accesibilidad, sigue siendo más rápida para muchos núcleos de población llegar al hospital de referencia por la carretera existente en el 2000 ya que acceder por autovía supone un mayor número de kilómetros y más tiempo. El mayor impacto se obtiene en las zonas que rodean Villaviciosa debido a la construcción de la autovía A-8 y algunos núcleos de Salas y Grado por la puesta en funcionamiento de la A-63.

A continuación se calculan las diferencias en la accesibilidad a los hospitales en Cantabria y Asturias en el período analizado, midiendo cuantos núcleos de población habrían pasado de tener un tiempo de acceso superior a 30 minutos en el año 2000 a estar dentro de los estándares sectoriales, es decir, se llega en menos de 30 minutos al hospital de cabecera de su área sanitaria. Igualmente se calcula la población que se ha beneficiado de mejores accesos a hospitales distinguiendo los que lo han hecho por la mejora de la carretera, los que lo han hecho por haberse dotado de hospitales adicionales (sólo es el caso de Reinosa), y los que lo han mejorado su situación porque parte de la población se ha movido a núcleos que ya tenían mejores accesos.

Los resultados obtenidos (tabla 4.6) indican que el número absoluto de personas que han mejorado su accesibilidad a los hospitales (han pasado de llegar en más de 30 minutos a menos de 30) es similar en Asturias y Cantabria, aunque suponen porcentajes sobre el total de la población muy diferentes (el 9,5% en el caso de Asturias, 25,7% en el de Cantabria). Del 7% de las personas que han pasado a llegar al hospital en el tiempo estándar en Asturias el 5% lo ha hecho por mejoras en la red de carreteras (55.193 personas) mientras que 2% restante (21.731) lo ha hecho por cambiar de núcleo de residencia. En el caso de Cantabria el 10% (51.673 personas) mejoran por cambios en la red de carreteras, un 3,5 % (18.421 personas) lo hace por la construcción de nuevo hospital y el 1,6% restante (7.496) por variaciones residenciales.

Tabla 4.6. Indicador de la mejora de la accesibilidad al hospital de referencia entre 2000-2013, en términos porcentuales

	Asturias	Cantabria
Núcleos de población que pasan a acceder en tiempo <30 minutos	9,5	25,7
Personas que pasan a acceder en tiempo < 30 minutos	7,1	15,1
Personas que pasan a acceder en tiempo < 30 minutos debido a la mejora de infraestructuras entre 2000 y 2013 (construcción de un nuevo hospital)	-	3,5
Personas que pasan a acceder en tiempo < 30 minutos debido a la mejora de infraestructuras entre 2000 y 2013 (carreteras)	5,1	10,0
Personas que pasan a acceder en tiempo < 30 minutos por cambiar de núcleo poblacional entre 2000 y 2013	2,0	1,6

Fuente: elaboración propia.

Según los resultados obtenidos, parece que la red de carreteras ha sido mayoritariamente los responsables de la mejora de la accesibilidad a los centros hospitalarios. Pero cabe preguntarse si ha tenido el mismo efecto para las áreas sanitarias. Las tablas 4.7 y 4.8 representan para Asturias y Cantabria respectivamente para cada área sanitaria el índice de envejecimiento (relación de personas mayores de 65 años con respecto a los menores de 16), el tiempo medio que se tarda en acceder al hospital en dicha área, el porcentaje de población que tarda menos de 30 minutos, y el índice de Gini que nos indica la concentración, es decir la desigualdad que existe entre los tiempos que tardan las personas (un índice cercano a uno representa mucha concentración, y por tanto mucha desigualdad) y las tablas 4.7 y 4.8 muestran las diferencias entre ambos años considerados.

Tabla 4.7. Resultados por área sanitaria: Asturias

Área sanitaria	Índice de envejecimiento		Tiempo medio		% personas < 30 min		Índice de Gini	
	2000	2013	2000	2013	2000	2013	2000	2013
I: Jarrío	226,7	295,1	29,6	23,3	59,1	74,1	0,26	0,25
II: Cangas del Narcea	181,4	308,2	28,3	27,1	49,2	50,9	0,35	0,36
III: Avilés	164,0	192,9	11,5	10,8	96,6	98,6	0,23	0,19
IV: Oviedo	166,2	165,9	16,0	11,5	82,2	95,1	0,26	0,19
V: Gijón	195,1	195,9	14,0	13,3	93,7	99,6	0,08	0,05
VI: Arriوندas	261,6	257,6	31,1	26,4	55,7	57,4	0,31	0,24
VII: Mieres	205,1	269,1	13,0	12,7	95,7	96,1	0,18	0,17
VIII: Langreo	200,3	224,0	13,1	13	96,8	96,6	0,11	0,10
Total Asturias	186,8	199,6	16,2	13,8	86,0	93,1	0,24	0,20

Fuente: elaboración propia.

Tabla 4.8. Resultados por área sanitaria: Cantabria

Área sanitaria	Índice de envejecimiento		Tiempo medio		% personas < 30 min		Índice de Gini	
	2000	2013	2000	2013	2000	2013	2000	2013
I: Santander	184,1	189,8	12,4	10,9	88,5	95,9	0,18	0,15
II: Laredo	183,4	175,3	21,9	17,6	65,3	94,5	0,26	0,15
III: Reinosa	251,9	262,0	41,9	8,2	0,00	94,5	0,05	0,34
IV: Torrelavega	198,1	203,8	22,9	16,6	79,7	92,9	0,25	0,20
Total Cantabria	142,4	135,4	17,8	13,4	80,1	95,3	0,23	0,19

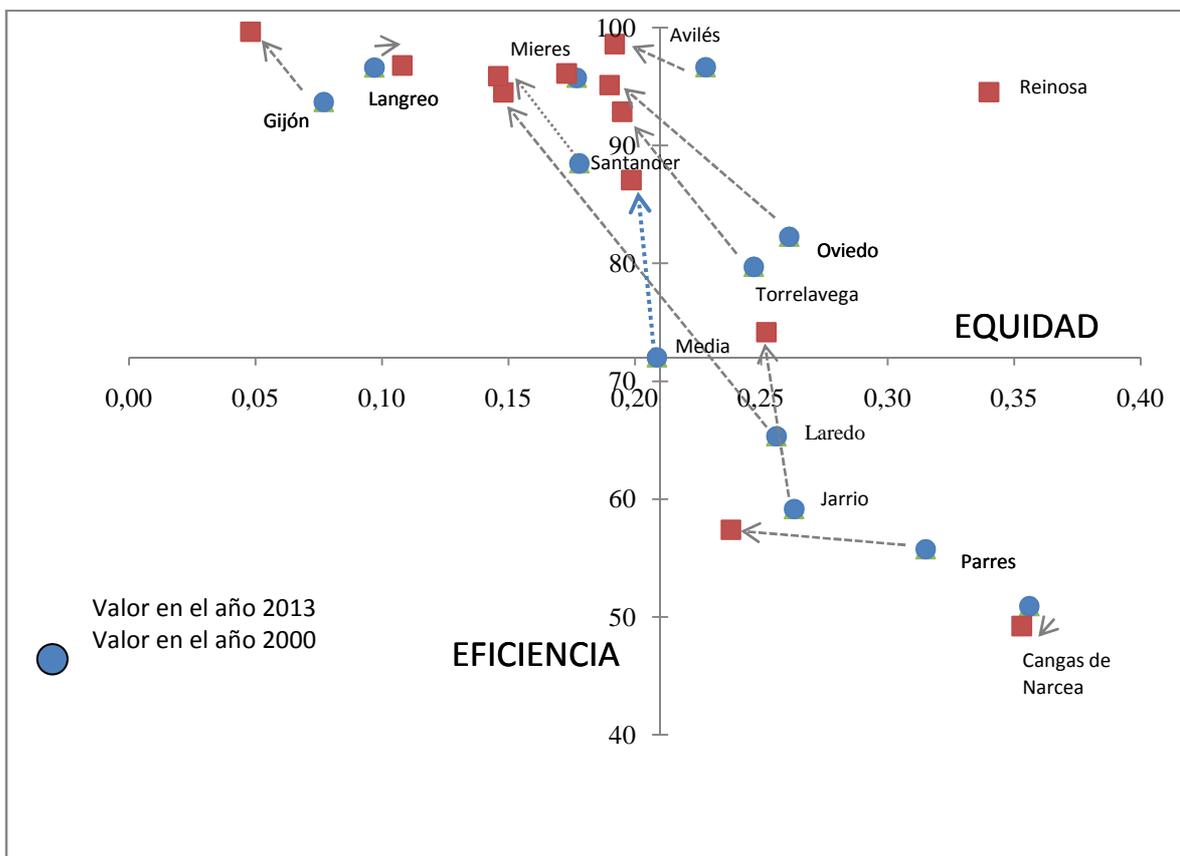
Fuente: elaboración propia.

Los resultados obtenidos muestran que si bien es cierto que en general ambas regiones han mejorado considerablemente en eficiencia (cada vez más personas acceden en menos de 30 minutos) y equidad (existe más igualdad en términos de tiempo que se tarda en acceder), existen aún diferencias significativas entre áreas. En el caso de Asturias dos áreas siguen presentando niveles bajos de eficiencia (más del 40% de la población a la que atiende tarda más de 30 minutos): el área 2 y el área 6, correspondiéndose respectivamente con el suroccidente de la

región y con el interior del oriente asturiano. En ambos casos, la dispersión de la población y su ubicación en los lugares menos accesibles de Asturias justificarían la necesidad de dotar de un centro hospitalario estas zonas.

La figura 4.37 representa la evolución en eficiencia en la localización y en equidad de las distintas áreas de estudio. Valores a la izquierda del eje de ordenadas y por encima del eje de abscisas representan aquellas áreas que presentan los mejores niveles de eficiencia en la localización (es decir, porcentaje de personas que alcanzan en menos de 30 minutos el hospital más cercano) y equidad, estando por encima del valor medio obtenido para todas las zonas, mientras que los que están por debajo y a la derecha serían los que representan peores resultados. Por otra parte en círculo se representa los valores para el año 2000 y en cuadrado los de 2013.

Figura 4.37. Diferencias en eficiencia* y equidad 2000-2013**



Fuente: elaboración propia.

*Valores positivos en la diferencia del porcentaje de personas que tardan menos de 30 minutos en llegar al hospital correspondiente en menos de 30 minutos suponen incrementos de eficiencia

** Valores del Índice de Gini más cercanos a 0 representan mayor igualdad, es decir un mayor número de personas acceden en un tiempo similar

En 2004 se realizó una encuesta del Euro barómetro que medía la proximidad a los centros de salud en Europa. Los resultados que se obtenían eran los siguientes: alrededor del 48 % de la población de la UE - 25 tiene acceso a un hospital a menos de 20 minutos, (el 53% en el caso de los países de la antigua UE -15 y el 35 % en los nuevos 10 estados miembros). En 2011 se mide la accesibilidad a los hospitales en las regiones de cinco áreas diferentes: Finlandia, estados Bálticos, Polonia, República Checa, Bavaria, Norte de Italia, y España meridional, encontrándose valores muy parecidos, salvo para Finlandia y los estados Bálticos que son los que tienen las regiones con peores accesos a hospitales (Biosca et al. 2013).

Los estudios más recientes sobre accesibilidad a hospitales que dan resultados detallados y siguen el mismo esquema de trabajo que el seguido en esta exposición son los que se describen en la tabla 4.9. Observando estos podríamos afirmar que los resultados obtenidos en esta comunicación para el caso de Cantabria y de Asturias han sido coherentes con los de otros países, y que se ha alcanzado ya la media de accesibilidad a hospitales de los países socios.

Tabla 4.9. Tiempos de acceso al centro hospitalario más cercano

Autor	Año	Región de estudio	País	Acceso a hospital en menos de 30 minutos
Rodríguez Díaz, V,	2008	Andalucía	España	67% de los núcleos y el 95% de la población
M,L, Burkey , J, Bhadury, H,A, Eiselt	2012	North Carolina, South Carolina, Tennessee, and Virginia	EEUU	91-95% de la población
Fiorello, D, y Bielanska, D,	2013	Norte de Italia	Italia	82% zonas y 97% población

Fuente: elaboración propia.

Este capítulo ha tratado de llamar la atención sobre la incidencia que ha tenido la mejora de la red de infraestructuras de carreteras para los municipios asturianos y, en particular, un aspecto clave en un Estado de Bienestar como es la accesibilidad a los hospitales, pues, como se ha argumentado, poder contar con un centro de atención especializada en una distancia corta y al que se acceda en un tiempo razonable no sólo es un aspecto importante para la salud pública, sino también de interés en el debate social, político y económico.

En el estudio de accesibilidad a hospitales, se ha intentado observar donde se localiza y cuál es el volumen de población que no alcanza los niveles de accesibilidad que la regulación sectorial define como estándar, esto es, la posibilidad de llegar a un hospital en menos de 30 minutos. Haciendo uso de un sistema de información geográfico se ha dado una medida de la distancia y el tiempo que en la actualidad separa la población al centro hospitalario público más cercano y se ha comparado con el que tenían en el año 2000, año en el que la red de carreteras empezaba a tener la forma que tiene en la actualidad, y en el que todas las áreas sanitarias estaban definidas con su centro hospitalario de referencia.

Los resultados obtenidos muestran que en la actualidad el 93% de la población asturiana (el 55% de los núcleos de población de la región) y el 95% de la población cántabra (el 60% de los núcleos de población) tienen acceso a un centro hospitalario público en menos de 30 minutos, es decir, se encuentran en el estándar que fija la regulación sectorial. Estos resultados son consonantes con los que se han obtenido en estudios similares llevados a cabo en otras regiones europeas y algunas americanas, situándose estas dos provincias españolas en el ranking de los que disfrutan mejor accesibilidad a los hospitales, tanto por la disponibilidad de centros como por la de la red de infraestructuras.

En el anexo IV, tablas se puede encontrar una reseña de los núcleos de población y número de personas que en Asturias y Cantabria que aun tienen una accesibilidad mala (más de 45 minutos en coche) a un centro hospitalario . Si bien es poca la población que se encuentra en las zonas más inaccesibles, no son pocos los núcleos de población, lo que remarca la tendencia creciente a la concentración de población en las zonas más centrales y accesibles, especialmente en Asturias, concentrada en el área central asturiana.

Además del problema de la dispersión de la población y del creciente despoblamiento de los núcleos más alejados, se suma el hecho de que existen graves problemas de envejecimiento poblacional, y ante este caso la dotación de servicios va a jugar un papel importante problemas y ha de ser objeto de atención en la agenda política en los próximos años.

Esta investigación abre la puerta a formularse otras preguntas como cuál es el efecto que sobre la eficiencia y la equidad, en los términos en los que aquí se ha definido, puede tener una posible reasignación de áreas hospitalarias o cierre de plantas u hospitales, o cual sería la localización óptima de nuevos servicios, teniendo siempre en cuenta las características de la población potencialmente usuaria de esos servicios ¿la que minimice los tiempos de desplazamiento de toda la población o la que maximice el número de personas que pueden llegar a ese servicio en muy poco tiempo?.

5. Conclusiones

En este capítulo se ha descrito los cambios que ha experimentado la red de carreteras en Asturias en las tres últimas décadas y se ha ofrecido una medida del efecto de la misma sobre los ahorros de tiempos de desplazamiento y se ha calculado varios indicadores de accesibilidad.

Si bien actualmente se han desarrollado diversas aplicaciones como *google maps*, que permiten dar una medida actualizada de distancias y tiempos de desplazamiento, hasta el momento no se puede recurrir a estas aplicaciones cuando se pretende realizar un análisis histórico, ya que dicha aplicación tiene en cuenta la red de carreteras actual, e incluso las condiciones de tráfico del momento actual.

En esta investigación se ha combinado el uso de *google maps* y el uso de Sistemas de Información Geográfica para dar una medida de los tiempos de viaje en la actualidad y en diferentes momentos de estudio. Utilizando la red de carreteras del Instituto Geográfico Nacional, BTN100 y a través de la herramienta Matriz Origen-Destino que ofrece el software Arcgis. Con dichos datos y herramienta se ha podido analizar las distancias y los tiempos de viaje entre cada municipio asturiano y el resto de municipios españoles, llegando con este cálculo a unos resultados para el año 2015 muy similares a los que ofrece *google maps*.

A partir de los datos de tiempos de viaje se ha podido ofrecer diferentes indicadores de accesibilidad de los municipios asturianos. Por un lado se ha ofrecido una medida de contorno que constata que en la actualidad desde cualquier municipio, salvo los municipios del interior del occidente que lindan con Galicia, se puede llegar a un mínimo de 60 minutos a un mercado potencial de más de 500.000 personas, mientras que en el año 1996, aun con una población mayor, sólo los municipios del centro tenían ese nivel de mercado potencial.

Por otra parte se ha ofrecido un indicador de accesibilidad basado en mercado potencial, como el definido por Bruinsma y Rietveld. En este caso el valor que se da al parámetro α que indica la función de decaimiento de la distancia afecta a las conclusiones que se llega. En este caso se ha recurrido a la literatura vigente para asignarle un valor. Cuando el valor dado es $\alpha=1$ se observa que el ala oriental de la región es más accesible que el ala occidental, tendencia que se refuerza con el paso de los años y con el desarrollo de red de alta capacidad. La tendencia parece ser que cuanto más alejado está del centro de la región, menos accesible es el municipio. Cuando el valor dado es $\alpha=2$ se observa un incremento de la accesibilidad en todos los municipios asturianos, independientemente de su posición y los niveles son muy similares en todos ellos, salvo en Noreña y Siero, que presentan los niveles más altos, dada su posición en el centro de Asturias y rodeados de todos los municipios de mayor población de la región. Por el contrario cuando el valor dado es $\alpha=0,5$ los indicadores de accesibilidad son muy altos en todos los

municipios asturianos, salvo en los del occidente, que no sufren ninguna modificación en sus indicadores de accesibilidad como consecuencia del desarrollo de la autovía.

Finalmente se ha optado por analizar los resultados que ofrece un indicador basado en los modelos de radiación y se ha puesto en relación a los resultados que se tendría un indicador como el propuesto por Stelder (2016) que mide los cambios en la accesibilidad relativa. En este caso, contrariamente al análisis realizado hasta ahora, los municipios del occidente son los que en términos generales habrían tenido cambios positivos como consecuencia de los cambios en la red de infraestructuras al tener variaciones positivas en su radio. Esto es: los municipios no compiten entre sí para atraer población, no les ha afectado las mejoras en el resto de los municipios, se podría decir que siguen teniendo una cierta " territorialidad", comparativamente han ganado atractivo en localización motivado en parte por las pérdidas que sufren los demás al estar compitiendo entre sí.

Independientemente de lo que dicen los indicadores de accesibilidad, en el análisis de los cambios en los tiempos de viaje realizado se constata que la inversión en una red de carreteras de alta capacidad como la que actualmente tiene Asturias ha repercutido favorablemente en prácticamente todos los municipios asturianos, situándolos más cerca del resto de España y más cerca entre sí. También se constata que los municipios que están más alejados del centro y aquellos donde llegó más tarde la inversión en infraestructuras parece ser que son los que sufren una peor evolución, pues son los que han experimentado mayores pérdidas de población. Tener una accesibilidad reducida y estar situado lejos de la autovía parece estar asociado a pérdidas de población importantes. Sin embargo, la relación contraria no se cumple: el tener autovía y estar bien localizado con respecto al resto de municipios no implica necesariamente un asentamiento de población.

El análisis se ha completado con un estudio de caso que ha tenido mucho interés en el análisis de impacto de infraestructuras y políticas públicas: ¿Qué ha supuesto la mejora de las carreteras sobre el acceso a los centros hospitalarios? En este caso se ha partido de los datos del año 2000, año en el que se termina de configurar el diseño de áreas sanitarias con sus centros hospitales de referencia, bajo la autonomía de las comunidades autónomas. Los datos relevan que casi el 93% de la población asturiana y el 95% de la cántabra tiene acceso a un centro hospitalario en menos de 30 minutos, tiempo óptimo de acceso según los estándares de salud para evitar muertes por ataques de miocardio o temas cardiorespiratorios. Se deja abierta a futuras investigaciones los efectos sobre la salud pública de modificaciones en los servicios ofrecidos por cada área sanitaria, dados los tiempos actuales de viaje y la población a la que se atiende.

CONCLUSIONES

En los últimos años, especialmente tras la grave crisis financiera que ha azotado la economía mundial derivando en España en una poco esperada deuda soberana en la que el país aún se halla inmerso, han resurgido las voces que abogan por hacer evaluaciones de políticas públicas (OCDE, BID, UE). Si bien es necesario hacer inversiones para mejorar las condiciones de un país -sea a través de la mejora de las infraestructuras de transportes, de las sanitarias, de las educativas o de las políticas destinadas a servicios sociales- también es cierto que es bueno para la correcta ejecución de las políticas públicas hacer evaluaciones de las mismas. Es necesario hacer un seguimiento de cómo el dinero invertido revierte en la sociedad para conocer el alcance de la actuación, conocer si se ha conseguido resolver los problemas que encaraba, o si no lo ha hecho, intentar conocer porqué no se ha conseguido. Tener en cuenta el coste que ha supuesto llevar a cabo una actuación y conocer sus resultados se hace imprescindible cuando se quiere realizar una buena gestión de política pública, lo que sin duda ayudará a encontrar la deseada eficacia y eficiencia que debe regir.

Esta región, que a mediados de la segunda década del siglo XX se dibujaba como una de las provincias más dinámicas en la industria española, por su disposición de carbón y acero y la cantidad de mano de obra y logística que implicaba la explotación de dichos recursos, se convirtió en los años ochenta y noventa en una más de las llamadas "viejas regiones industriales", con muchas circunstancias en contra para avanzar. Por una parte el desmantelamiento de sus sectores tradicionales, el carbón y el acero, grandes motores históricos de la economía asturiana, con su consiguiente destrucción paulatina de empleo. Por otra parte su situación periférica, en plena Cornisa Cantábrica, que dificultaba las comunicaciones tanto con el exterior como en la propia región.

Como una de las medidas llevadas a cabo para frenar su decaimiento y los problemas que suponía su situación periférica, se llevó a cabo una fuerte inversión en infraestructuras, especialmente infraestructuras de carreteras, en respuesta también a las exigencias de la Unión Europea, que veía la necesidad de que las regiones europeas, y especialmente las áreas más periféricas de los países integrantes, estuvieran unidas por una eficiente red de carreteras, una política que en esos momentos se veía como imprescindible para alcanzar la deseada cohesión económica entre regiones europeas. Fruto de esa política, Asturias, como otras regiones periféricas españolas, vio incrementada su red de carreteras de una forma espectacular pasando de no tener más que unos pocos kilómetros de autovía que unían los tres principales municipios (Avilés, Gijón, Oviedo) a estar atravesada de oriente a occidente por una autovía, la Autovía del Cantábrico (A-8), y de norte a sur por la autovía de la Plata (A-66), suponiendo ambas además una unión y una salida por carretera al resto de España y de Europa. Además cuenta con nuevas autovías que unen los municipios del centro (AS-I, AS-II y AS-III), y las que unen los

municipios del interior dando una salida hacia la Autovía del Cantábrico, la A-64 y la A-63, está última aún en obras y a la espera de continuar su trazado.

Pero como la teoría económica viene debatiendo, no está claro que las infraestructuras deriven necesariamente en crecimiento económico. Si bien son conocidos los trabajos de Aschauer (1989) y Munnell (1990) que a inicios de los años postulaban una relación positiva entre inversión en infraestructuras y crecimiento, como bien observaron Banister y Berechman (2000), no es tan claro que ésta sea una relación inmediata. Aunque se pueden establecer relaciones estadísticas entre infraestructuras y crecimiento, es difícil construir relaciones causales que apoyen los datos, pues pueden aparecer efectos de factores externos, que influyen en la dirección y fuerza del impacto, como pueden ser los factores institucionales estudiados entre otros, por Crescenzi et al. (2016).

En esta tesis se ha analizado qué ha supuesto la inversión en carreteras para la economía asturiana. Se ha tratado de hacer un estudio de caso que aporte una evidencia más en ese debate y hacerlo desde una óptica local, pues como también señalaban Banister y Berechman (2001) es en esta escala donde mejor se observan los efectos de una red de infraestructuras.

Para llevar a cabo el análisis de los efectos en la economías asturiana se parte del esquema inicial con el que se inicia la tesis, según el cual los efectos de la inversión en carreteras van desde los que se producen por la propia construcción de la misma, a los que surgen como consecuencia de los cambios en los tiempos de viaje que habrían de derivar en atracción de población, de empleo y, en general, desarrollo económico.

Para realizar el análisis se ha comenzado estudiando los efectos transitorios, es decir los derivados de la fase de construcción. Se ha tratado de observar cómo, por el mero hecho de construir carreteras, se ha generado actividad y dinamizado otros sectores de la economía asturiana. Para conseguir este objetivo se ha tenido en cuenta, en primer lugar, la inversión realizada en carreteras asturianas cada año desde inicios de los años 90. Este dato lo ofrece la base de datos de stock de capital puesta a disposición de los investigadores por el IVIE y la FBBVA, que recopilan a partir de los datos de liquidación de presupuestos que anualmente recoge el Ministerio de Fomento en sus Anuarios Estadísticos.

La repercusión de dicha inversión en el empleo del propio sector de la construcción y en el de las demás ramas de actividad se obtiene a partir de los cálculos de las tablas input output para los años disponibles dentro del período de análisis que cubre esta investigación, esto es, 1995, 2000, 2005, 2010. El cálculo se hace teniendo en cuenta tanto las tablas input output que ofrece el INE, para la economía nacional, como las que ofrece SADEI, para la economía regional. Aun

presentando tecnologías diferentes, que se refleja en valores multiplicadores más bajos para el caso de SADEI, los resultados entre los cálculos obtenidos en una tabla y otra no son muy diferentes, y van desde la creación de un mínimo de 5.164 empleos en 1995 que se estiman con las tablas de SADEI a un máximo de 8.670 que se obtienen en 2005 con las tablas de INE. Extendiendo el análisis al período 1995-2012, utilizando las tablas correspondientes (aplicamos la inversión en los años intermedios a la tabla del año más próximo).

En términos de VAB ocurre algo similar al caso del empleo, ofrece cifras no desdeñables que suponen en torno al 2% del VAB regional. En este caso la repercusión de forma directa sobre el sector de la construcción es mayor que en el caso del empleo, pues supone que en torno al 70% del VAB generado lo haga de forma directa y en el propio sector de la construcción.

Igualmente las tablas input output han permitido hacer un análisis sobre las emisiones de CO₂ durante la fase de la construcción. En este caso, los valores de emisiones como consecuencia de la construcción son muy pequeños. Sin duda un análisis ex post, en el largo plazo, es decir, en un contexto diferente al de la propia fase de la construcción, daría resultados diferentes, si se analizasen las emisiones que surgen como consecuencia de una mayor circulación de vehículos en carretera, propiciado en buena parte por una mayor dotación de las mismas. También la mejora de las carreteras debe tener un coste ambiental, derivado de la afluencia de turistas, de la posibilidad de que lugares antes poco accesibles ahora estén muy cercanos de la autovía y con ello se posibilite que más personas puedan acceder, un análisis que queda planteado para futuras investigaciones.

Siguiendo el esquema de trabajo, y en relación también con el incremento de la circulación, se ha abordado otro de los grandes temas sobre los que la mejora de las carreteras tiene influencia, el problema de la accidentabilidad. Repasados los datos de número de accidentes y muertos en carretera en los últimos años, tanto a nivel internacional como regional, se ha constatado una disminución de los accidentes. En cierta medida está correlacionado con la disposición de kilómetros de vías de alta capacidad, los países que han incrementado su red de autovías, por lo general son los que más han disminuido su accidentabilidad. Está claro que existen otros factores, además de la mejora de la red de carreteras, que han hecho disminuir el número de accidentes, estos factores son la mejora de la seguridad en el parque de vehículos, la introducción de políticas como el carnet por puntos o la propia concienciación de los conductores de las pérdidas económicas y humanas que conllevan los accidentes de tráfico que les hace ser más seguros. Sin embargo, la mejora de las carreteras debe haber jugado un papel en esa disminución de la accidentabilidad.

En este caso se ha podido ofrecer una medida de ello a través de una metodología innovadora en las ciencias sociales y que cada vez gana más terreno en el análisis económico: el experimento natural. Este método de trabajo, inspirado en los estudios de laboratorio en las ciencias naturales, se basa en la observación de las diferentes tendencias que siguen grupos de individuos que parten de condiciones muy similares con la particularidad que a uno de esos grupos le es aplicado en un momento determinado una intervención y al otro grupo no. Las diferencias que posteriormente se encuentran entre ambos grupos son consecuencia, en cierta parte, de esa política.

El hecho de que en un tramo de carretera en Asturias, el tramo Llanes-Unquera, se haya retrasado la construcción de la autovía durante más de diez años ofrece una oportunidad para llevar a cabo un experimento natural. Se trata de observar las diferencias en el número de accidentes entre el tramo que no ha sido tratado, es decir, no se ha construido la autovía (Llanes-Unquera) y los tramos contiguos (Llanes-Llovio y Lamadrid-Unquera), donde sí se ha construido la autovía. El análisis realizado sugiere que la construcción de la autovía supuso una disminución de los accidentes en torno a unos valores que giran entre el 55% y 62% en función del caso de análisis, notándose que la disminución de la accidentabilidad es mayor cuando una autovía sustituye completamente a la carretera nacional que cuando se construye una autovía pero se sigue dejando la alternativa de seguir circulando por la vieja carretera nacional.

Futuras investigaciones deberán indagar si esos resultados pueden ser extendidos al conjunto de carreteras asturianas, españolas o europeas o solamente son válidos para este tramo en particular. En este punto se entra en el debate abierto sobre la validez externa que arrojan los resultados de las investigaciones experimentales. En este caso, no se ha entrado en ese debate teórico, puesto que se buscaba contribuir con un estudio empírico a la literatura que analiza la repercusión de la mejora de la carretera en la seguridad vial. No obstante se ha aportado una medida que está en consonancia con muchos estudios empíricos y demuestran esa relación positiva entre mejora de infraestructuras y cambios en la accesibilidad.

Por último se ha llevado a cabo un análisis de los cambios en los tiempos de viaje para lo cual se utilizan las posibilidades que ofrece *google maps* como herramienta para el cálculo de distancias y tiempos de viaje actuales y un sistema de información geográfica (SIG) para calcular los tiempos de viaje en años anteriores. Una vez obtenidos los tiempos de viajes, se ha podido dar una medida de diferentes indicadores de accesibilidad de los municipios, desde una medida de contorno (a cuantas personas se llega en treinta o sesenta minutos ahora y a cuantas se llegaba en 1996 y 2006), a una medida como la propuesta por Bruinsma y Rietveld con tintes de modelo de gravedad. Se ha completado el cálculo de indicadores de accesibilidad

introduciendo el modelo de radiación que en los últimos años se ha aplicado para estudiar flujos de *commuting*.

En particular se ha llegado a la conclusión que los modelos de radiación pueden ser un método de trabajo eficiente para medir los cambios derivados de la red de infraestructuras. Mientras un modelo de gravedad dice que siempre los municipios ganan por tener infraestructuras, es decir, siempre hay mejoras y ganancias de accesibilidad, un modelo de radiación, como se ha comprobado en la investigación realizada en esta tesis, recoge de una forma diferente las ganancias de la accesibilidad: no siempre los municipios ganan, puede que pierdan al situarse otros municipios en una posición igual o más atractiva.

Es lo que se ha observado en el caso de análisis aquí presentado: mientras que los municipios del centro ganan accesibilidad según indica un modelo de gravedad, con un modelo de radiación todos pierden pues están compitiendo entre sí para atraer población. En cambio, los municipios más alejados, como son los del suroccidente, no pierden, se refuerza su "territorialidad" en su propio espacio.

Se ha completado la investigación llevando a cabo, de una forma más descriptiva, un análisis de casos específicos como es el cambio en los tiempos de acceso a los hospitales. En este caso específico, los resultados obtenidos muestran que si bien es cierto que en general se ha mejorado considerablemente en eficiencia (cada vez más personas acceden en menos de 30 minutos a un hospital público) y equidad (existe más igualdad en términos de tiempo que se tarda en acceder), existen aún diferencias significativas entre áreas sanitarias. En el caso de Asturias dos áreas siguen presentando niveles bajos de eficiencia (más del 40% de la población a la que atiende tarda más de 30 minutos): el área 2 y el área 6, correspondiéndose respectivamente con el suroccidente de la región y con el interior del oriente asturiano. En ambos casos, la dispersión de la población y su ubicación en los lugares menos accesibles justificarían la necesidad de dotar y mantener un centro hospitalario en estas zonas.

En el caso de la distribución territorial, parece que las carreteras han conseguido integrar la mayor parte del territorio asturiano. La mejora de las infraestructuras ha contribuido innegablemente a integrar la mayor parte de los municipios asturianos más alejados con los centros más dinámicos y poblados de la región. Cada vez son menos los municipios considerados como remotos- esto es tarda más de 45 minutos en llegar a un núcleo de población de más de 100.000 habitantes, pero también es mucho menos las personas que habitan en este tipo de municipios y mayor el índice de envejecimiento de la población en ellos.

Aun siendo la pérdida de población y envejecimiento dos males que acechan a toda la región en los últimos años, cada vez es mucho más grave en los municipios considerados remotos.

Además, las predicciones de población para los próximos años no son nada halagüeñas y todo apunta a que se encuentran sumidos en un círculo vicioso del despoblamiento, esto es, menos población, umbral de población más bajo, menos servicios, menos atractivo, menos oportunidades de empleo, y de nuevo, menos población.

Actualmente, la inversión en infraestructuras de alta capacidad, tanto por el impacto ambiental como por el alto coste que conlleva este tipo de políticas, ya no parece ser un instrumento con el que poder solucionar los problemas de estos 29 municipios que se han quedado clasificados como remotos. Sin embargo, las autoridades públicas han de plantear estrategias para que esta parte del territorio asturiano no sea despoblado totalmente y siga manteniéndose cierta actividad con la que poder asegurar su sostenibilidad e identidad.

En esta tesis se han observado principalmente los efectos internos, qué ha ocurrido dentro de la región. Queda abierta la investigación a varias preguntas relevantes, como es los efectos ambientales una vez construida la autovía, las implicaciones para el comercio internacional y las exportaciones e importaciones de las empresas asturianas, la propia localización de las empresas, y la capacidad de las infraestructuras para crear empleo en el largo plazo. En muchos casos estos temas no han podido ser estudiados por falta de datos que aporten resultados significativos.

No obstante en esta tesis sí se ha podido dar una evidencia de las mejoras que ha supuesto tanto por la generación de empleo en la fase de construcción, de la disminución de la accidentabilidad y de las mejoras de la accesibilidad. No se ha llegado a una conclusión sobre el alcance en el largo plazo (localización de actividad) pero parece claro que las infraestructuras de carreteras han sido una condición necesaria, aunque no suficiente, para el correcto desarrollo de la economía asturiana en las últimas décadas y el bienestar de la región.

Las preguntas que surgen tras esta tesis son varias, algunas de ellas podrán ser respondidas en futuras investigaciones. Otras no podrán responderse utilizando un método académico, si lo que se quiere es conseguir datos significativos que puedan ser objeto de un debate a nivel internacional. Puede que la economía asturiana no tenga el suficiente peso para llevar a cabo un estudio que permita dar conclusiones que sean consideradas una referencia a nivel internacional, pero no se puede negar su interés como un caso más de estudio, dentro de todas las posibilidades que ofrece la investigación. En esta tesis se ha tratado de dar su valor pues, volviendo a la frase con la que se ha iniciado esta tesis, lo pequeño es hermoso, y el tamaño de escala no importa pues la investigación está abierta al análisis de cualquier realidad, y todas las escalas son dignas para ser estudiadas.

BIBLIOGRAFÍA

- Albalate, D., y Bel, G. (2011). Cuando la economía no importa: auge y esplendor de la alta velocidad en España. *Revista de Economía Aplicada*, 19(55), 171.
- Albalate, D., y Bel, G. (2012). Motorways, tolls and road safety: Evidence from Europe. *SERIEs*, 3(4), 457–473. <https://doi.org/10.1007/s13209-011-0071-6>
- Albalate, D., Fernández, L., y Yarygina, A. (2013). The road against fatalities: Infrastructure spending vs. regulation?? *Accident Analysis & Prevention*, 59, 227–239. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2013.06.008>
- Albalate, D., y Fageda, X. (2016). High speed rail and tourism: Empirical evidence from Spain. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 85, 174–185. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.01.009>
- Alonso, W. (1964). *Location and land use. Toward a general theory of land rent*. Cambridge, Mass: Harvard Univ. Press.
- Alonso, M.L., Fernández, E. y Rubiera, F. (2015). A methodological note for local demographic projections: A shiftshare analysis to disaggregate official aggregated estimations. *RECTA*, 16 (2), 43-50.
- Álvarez-Ayuso, I. C., Condeço-Melhorado, A. M., Gutiérrez, J., y Zofío, J. L. (2016). Integrating Network Analysis with the Production Function Approach to Study the Spillover Effects of Transport Infrastructure. *Regional Studies*, 50(6), 996–1015. <https://doi.org/10.1080/00343404.2014.953472>
- Álvarez, A., Orea, L., y Fernández, J. (2003). La productividad de las infraestructuras en España. *Papeles de Economía Española*, 95, 125-136.
- Amundsen, A. H., y Elvik, R. (2004). Effects on road safety of new urban arterial roads. *Accident Analysis & Prevention*, 36(1), 115-123.
- Angrist, J. D., y Pischke, J. S. (2008). *Mostly harmless econometrics: An empiricist's companion*. Princeton University Press.
- Aschauer, D. A. (1989). Is public expenditure productive? *Journal of Monetary Economics*, 23(2), 177–200. [https://doi.org/10.1016/0304-3932\(89\)90047-0](https://doi.org/10.1016/0304-3932(89)90047-0)
- Ashenfelter, O., y Card, D. (1985). Using the longitudinal structure of earnings to estimate the effect of training programs. *The Review of Economics and Statistics*, 67(4), 648-660.

- Babcock, M. W., y Leatherman, J. C. (2011). Methodology for measuring output, value added, and employment impacts of state highway and bridge construction projects. *Journal of the Transportation Research Forum*, 50(1), 37–53.
- Bhat, C., Handy, S., Kockelman, K., Mahmassani, H., Chen, Q., y Weston, L. (2000). Urban accessibility index: literature review. *Center of Transportation Research, University of Texas at Austin*, Springfield.
- Banister, D. (2012). Transport and economic development: reviewing the evidence. *Transport Reviews*, 32(1), 1–2. <https://doi.org/10.1080/01441647.2011.603283>
- Banister, D. y Berechman, J. (2000). *Transport Investment and Economic Development*, Londres: UCL Press.
- Banister, D., y Berechman, Y. (2001). Transport investment and the promotion of economic growth. *Journal of Transport Geography*, 9(3), 209–218. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0966-6923\(01\)00013-8](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0966-6923(01)00013-8).
- Bastida, J. L., Aguilar, P. S., y González, B. D. (2004). The economic costs of traffic accidents in Spain. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 56(4), 883-889.
- Batty, M. (2009). Accessibility: in search of a unified theory. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 36(2), 191-194.
- Bel, G. (2012). *Infrastructure and the Political Economy of Nation Building in Spain, 1720-2010*. Sussex Academic Press.
- Bertolini, L., le Clercq, F., y Kapoen, L. (2005). Sustainable accessibility: A conceptual framework to integrate transport and land use plan-making. Two test-applications in the Netherlands and a reflection on the way forward. *Transport Policy*, 12(3), 207–220. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2005.01.006>
- Biosca, O., Spiekermann, K., y Stepniak, M. (2013). Transport accessibility at regional scale. *Europa XXI*, 24, 5-17. <http://dx.doi.org/10.7163/Eu21.2013.24.1>
- Biehl, D. (1991). The role of infrastructure to regional development. *European Research in regional science*, 1, 9-35.
- Blanco Blanco, J.A. (2003). La Autovía del Cantábrico: Historia y presente de una vía de comunicación. *Revista de Obras Públicas*, 3(438), 49-54.

- Boarnet, M. G. (1998). Spillovers and the Locational Effects of Public Infrastructure. *Journal of Regional Science*, 38(3), 381–400. <https://doi.org/10.1111/0022-4146.00099>
- Boarnet, M. G., y Haughwout, A. F. (2000). *Do highways matter? Evidence and policy implications of highways' influence on metropolitan development*. University of California Transportation Center.
- Bogdański, M. (2016). Influence of the A2 motorway on the economic development at local level. *Bulletin of Geography. Socio-economic Series*, 32(32), 49-59. <https://doi.org/10.1515/bog-2016-0014>
- Brezzi, M., Dijkstra, L., y Ruiz, V. (2011). *OECD extended regional typology: The economic performance of remote rural regions*, 2011/6, OECD Publishing.
- Bröcker, J., Korzhenevych, A., y Schürmann, C. (2010). Assessing spatial equity and efficiency impacts of transport infrastructure projects. *Transportation Research Part B: Methodological*, 44(7), 795–811. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2009.12.008>
- Bruinsma, F.R. y Rietveld, P. (2012). *Is Transport Infrastructure Effective?: Transport Infrastructure and Accessibility: Impacts on the Space Economy* (Advances in Spatial Science), ed. Springer.
- Bruinsma, F., y Rietveld, P. (1998). The accessibility of European cities: theoretical framework and comparison of approaches. *Environment and Planning A*, 30, 499–521. <https://doi.org/10.1068/a300499>
- Bruinsma, F.R. y Rietveld, P. (1995). La accesibilidad de las ciudades en las redes de infraestructuras europeas: una comparación de enfoques. *Revista Asturiana de Economía*,(3), 31-43.
- Bryan, J., Hill, S., Munday, M., y Roberts, A. (1997). Road infrastructure and economic development in the periphery: the case of A55 improvements in North Wales. *Journal of Transport Geography*, 5(4), 227–237. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0966-6923\(97\)00020-3](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0966-6923(97)00020-3)
- Button, K., y Taylor, S. (2000). International air transportation and economic development. *Journal of air transport management*, 6(4), 209-222.

- Caliendo, M. y Kopeining, S. (2008). Some practical guidance for the implementation of propensity score matching. *Journal of Economic Surveys*, 22 (1), 31-72. doi:10.1111/j.1467-6419.2007.00527.x
- Camisón, C. (dir) (2012). *Estudio del impacto económico de las inversiones del corredor ferroviario mediterráneo en la comunidad valenciana*. ed. Asociación Valenciana de Empresarios.
- Campbell, D. T., y Ross, H. L. (1968). The Connecticut crackdown on speeding: Time-Series Data in Quasi-Experimental Analysis. *Law and Society Review*, 3(1), 33-53. <https://doi.org/10.2307/3052794>
- Campbell, D. y Stanley, J. (1963). *Experimental and Quasi-experimental Designs for Research*, Chicago: Rand McNally,
- Campbell, D. T., Stanley, J. C., y Gage, N. L. (1963). Experimental and quasi-experimental designs in prevention research. *NIDA Research Monograph*. [https://doi.org/10.1016/0306-4573\(84\)90053-0](https://doi.org/10.1016/0306-4573(84)90053-0)
- Campos, J., y Rus, G. D. (2002). Dotación de infraestructuras y política europea de transporte. *Papeles de Economía Española*, 91, 169-181.
- Cascetta, E., Cartenì, A., y Montanino, M. (2016). A behavioral model of accessibility based on the number of available opportunities. *Journal of Transport Geography*, 51, 45-58. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2015.11.002>
- Castells, M. (dir.) (1994). *Reindustrialización y desarrollo regional en Asturias: Problemas, perspectivas y estrategias*. Avilés: Servicio de publicaciones del Principado de Asturias
- Cena, L., Keren, N., y Li, W. (2007). A Full Bayesian Assessment of the Effects of Highway Bypasses on Crashes and Crash Rates, Mid-Continent *Transportation Research Symposium*, Iowa.
- Cidell, J. (2015). The role of major infrastructure in subregional economic development: an empirical study of airports and cities. *Journal of Economic Geography*, 15(6), 1125-1144. <https://doi.org/10.1093/jeg/lbu029>
- Comisión de las Comunidades Europeas (1989). *Towards trans-european networks*, COM (89) 643, CEC, Bruselas.

- Comisión de las Comunidades Europeas (1991). *Towards trans-european networks*, COM (90) 585, CEC, Bruselas.
- Comisión de las Comunidades Europeas (1994). *Competitividad y cohesión: tendencias en las regiones. Quinto informe periódico sobre la situación y la evolución socioeconómica de las regiones de la Comunidad*, Luxemburgo: Oficina de las publicaciones oficiales de las Comunidades Europeas.
- Condeço-Melhorado, A., Tillema, T., de Jong, T., y Koopal, R. (2014). Distributive effects of new highway infrastructure in the Netherlands: the role of network effects and spatial spillovers. *Journal of Transport Geography*, 34, 96–105. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2013.11.006>
- Cook, T. D., Shadish, W. R., y Wong, V. C. (2008). Three conditions under which experiments and observational studies produce comparable causal estimates: New findings from withinstudy comparisons. *Journal of policy analysis and management*, 27 (4), 724-750. doi:10.1002/pam.20375
- Cueto, B. y Mato, F. J. (2009). A non experimental evaluation of training programmes. regional evidence for Spain. *The Annals of Regional Science*, 43(2), 415-433.
- 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*, 56(4), 555–582. <https://doi.org/10.1111/jors.12264>
- Crescenzi, R. y Rodríguez-Pose, A. (2008). Infrastructure endowment and investment as determinants of regional growth in the European Union. *Eib Papers*, 13 (2), 62-101.
- Crescenzi, R. y Rodríguez-Pose, A. (2012). Infrastructure and regional growth in the European union. *Papers in Regional Science*, 91(3), 487–513. <https://doi.org/10.1111/j.1435-5957.2012.00439.x>
- Currie, J. y Reagan, PB. (2003). Distance to hospital and children's use of preventive care: is being closer better and for whom?, *Economic Inquiry*, 41(3), 78-91.
- Chandra, A. y Thompson, E. (2000). Does public infrastructure affect economic activity? *Regional Science and Urban Economics*, 30, 457–490. [https://doi.org/10.1016/S0166-0462\(00\)00040-5](https://doi.org/10.1016/S0166-0462(00)00040-5)

- Chen, Y. (2015). The distance-decay function of geographical gravity model: Power law or exponential law?. *Chaos, Solitons & Fractals*, 77, 174-189.
- Chen, L., Chen, C., Ewing, R., McKnight, C. E., Srinivasan, R., y Roe, M. (2013). Safety countermeasures and crash reduction in New York City—Experience and lessons learned. *Accident Analysis & Prevention*, 50, 312–322. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2012.05.009>
- Chen, C. y Hall, P. (2016). High Speed Trains and spatial-economic impacts: a British-French comparison on two scales: intra and inter-regional. En Hickman (ed.): *Handbook of transport and development*, 301-317, USA: Edward Elgar.
- Church, A., Frost, M., y Sullivan, K. (2000). Transport and social exclusion in London. *Transport Policy*, 7(3), 195–205. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0967-070X\(00\)00024-X](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0967-070X(00)00024-X)
- Dai, D. (2010). Black residential segregation, disparities in spatial access to health care facilities, and late-stage breast cancer diagnosis in metropolitan Detroit. *Health & Place*, 16(5), 1038–1052. <https://doi.org/http://doi.org/10.1016/j.healthplace.2010.06.012>
- De La Fuente, A. (2008). Inversión en infraestructuras, crecimiento y convergencia regional. *Papeles de Economía Española*, (118), 15-26.
- De la Fuente, A., Vives, X., (1995). Infrastructure and education as instruments of regional policy: evidence from Spain. *Economic Policy*, 10(20), 13–51. <https://doi.org/10.2307/1344537>
- Deng, T. (2013). Impacts of Transport Infrastructure on Productivity and Economic Growth: Recent Advances and Research Challenges. *Transport Reviews*, 33(6), 686–699. <https://doi.org/10.1080/01441647.2013.851745>
- Deno, K. T. (1988). The Effect of Public Capital on U. S. Manufacturing Activity: 1970 to 1978. *Southern Economic Journal*, 55(2), 400–411. <https://doi.org/10.2307/1059112>
- De Rus Mendoza, G. (1996). Infraestructuras, crecimiento regional y evaluación económica. *Papeles de economía española*, (67), 222-237.
- De Rus Mendoza, G., Betancor Cruz, O. Campos Méndez, J. (2008). *Evaluación económica de proyectos de transporte*, Washington, D. C: Banco Interamericano de Desarrollo.

- De Rus Mendoza, G. (2009). La medición de la rentabilidad social de las infraestructuras de transporte. *Investigaciones Regionales*, (14), 187-210.
- Dietzenbacher E. y M. Lahr (eds.), (2004). *Wassily Leontief and Input-Output Economics*, UK: Cambridge University Press.
- DiNardo, J. (2008). Natural experiments and quasi-natural experiments” en Durlauf, Steven N.; Blume, Lawrence E. *The New Palgrave Dictionary of Economics*, Basingstoke: Palgrave Macmillan.
- Druckman, A., y Jackson, T. (2009). The carbon footprint of UK households 1990-2004: A socio-economically disaggregated, quasi-multi-regional input-output model. *Ecological Economics*, 68(7), 2066–2077. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.01.013>
- Dunnig, T. (2012). *Natural experiments in Social Science, A designed-based approach*, Connecticut: Cambridge.
- Egan, M., Peticrew, M., Ogilvie, D., y Hamilton, V. (2003). New roads and human health: a systematic review. *American Journal of Public Health*, 93(9), 1463–1471.
- Elias, W., y Shiftan, Y. (2011). The safety impact of land use changes resulting from bypass road constructions. *Journal of Transport Geography*, 19(6), 1120–1129. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2011.05.012>
- Elvik, R. (1995). An analysis of official economic valuations of traffic accident fatalities in 20 motorized countries. *Accident analysis & prevention*, 27(2), 237-247.
- Elvik, R. (2000). How much do road accidents cost the national economy?. *Accident Analysis & Prevention*, 32(6), 849-851.
- Elvik, R. (2002). The importance of confounding in observational before-and-after studies of road safety measures. *Accident Analysis & Prevention*, 34(5), 631–635. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0001-4575\(01\)00062-8](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0001-4575(01)00062-8)
- Elvik, R. (2004). To what extent can theory account for the findings of road safety evaluation studies? *Accident Analysis & Prevention*, 36(5), 841–849. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2003.08.003>
- ERF. (2006). *The socioeconomic benefits of roads in Europe*, Bruselas: ERF.

- Feser, E. (2012). Isserman's Impact: Quasi-experimental Comparison Group Designs in Regional Research. *International Regional Science Review*, 36(1), 44–68. <https://doi.org/10.1177/0160017612464051>
- Flyvbjerg, B., Skamris Holm, M. K., & Buhl, S. L. (2006). Inaccuracy in Traffic Forecasts. *Transport Reviews*, 26(1), 1–24. <https://doi.org/10.1080/01441640500124779>
- Fogel, R. (1964). *Railroads and American Economic Growth: Essays in Econometric History*, Baltimore, MD: Johns Hopkins Press.
- Fox, W. F., y Porca, S. (2001). Investing in rural infrastructure. *International Regional Science Review*, 24(1), 103-133.
- Frost, M. E., y Spence, N. A. (1995). The rediscovery of accessibility and economic potential: the critical issue of self-potential. *Environment and Planning A*, 27(11), 1833-1848.
- Fujita, M.;Krugman, P. y Venables, AJ. (1999). *The Spatial Economy. Cities, Regions and International Trade*. Cambridge, M.A: MIT Press.
- Funderburg, R. G., Nixon, H., Boarnet, M. G., y Ferguson, G. (2010). New highways and land use change: Results from a quasi-experimental research design. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 44(2), 76–98. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.tra.2009.11.003>
- García-Altes, A., y Pérez, K. (2007). The Economic Cost of Road Traffic Crashes in an Urban Setting. *Injury Prevention*, 13(1), 65-68
- García-Mila, T., McGuire, T. J., y Porter, R. H. (1996). The effect of public capital in state-level production functions reconsidered. *The Review of Economics and Statistics*, 78(1), 177-180.
- Gertler Martínez, S., Premand, P., Rawlings, L.B., y Vermeersch, C. M. J., P. J., y Bank, T. W. (2010). Impact evaluation in practice. Disponible en <http://elibrary.worldbank.org/doi/book/10.1596/978-0-8213-8541-8>
- Geurs, K. T., y Ritsema van Eck, J. R. (2001). *Accessibility measures: review and applications. Evaluation of accessibility impacts of land-use transportation scenarios, and related social and economic impact*. National Institute of Public Health and the Environment, RIVM and Urban Research Centre, Utrecht University.

- Geurs, K. T., y van Wee, B. (2004). Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions. *Journal of Transport Geography*, 12(2), 127–140. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2003.10.005>
- Goerlich F.J. Reig, E; y Cantarino, I. (2015). *Delimitación de zonas rurales y urbanas a nivel local: demografía, coberturas del suelo y accesibilidad*. Fundación BBVA.
- Goetz, A. (2015). The expansion of large international hub airports. En R. Hickman (ed.): *Handbook of transport and development*, 363-379, USA: Edward Elgar.
- González-González, E., y Nogués, S., (2016). Measuring Accessibility: an application to the Cantabria road network. En L. Olio, R. Cordera, y Á Ibeas,. *Land Use – Transport Interaction Models The TRANSPACE model*. CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Gooch, J. P., Gayah, V. V, y Donnell, E. T. (2016). Quantifying the safety effects of horizontal curves on two-way, two-lane rural roads. *Accident Analysis & Prevention*, 92, 71–81. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2016.03.024>
- Gramlich, E. M. (1994). Infrastructure Investment: A Review Essay. *Journal of Economic Literature*, 32 (3), 1176–1196.
- Guldmann, J. M. (1999). Competing destinations and intervening opportunities interaction models of inter-city telecommunication flows. *Papers in regional science*, 78(2), 179-194.
- Gutiérrez, J. y Urbano, P. (1996). Accessibility in the European Union: the impact of the trans-European road network. *Journal of Transport Geography*, 4(1), 15–25. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/0966-6923\(95\)00042-9](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/0966-6923(95)00042-9)
- Gutiérrez, J. (2001). Location, economic potential and daily accessibility: An analysis of the accessibility impact of the high-speed line Madrid-Barcelona-French border. *Journal of Transport Geography*, 9(4), 229–242. [https://doi.org/10.1016/S0966-6923\(01\)00017-5](https://doi.org/10.1016/S0966-6923(01)00017-5)
- Gutiérrez, J., Condeço-Melhorado, A., y Martín, J. C. (2010). Using accessibility indicators and GIS to assess spatial spillovers of transport infrastructure investment. *Journal of Transport Geography*, 18(1), 141–152. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2008.12.003>

- Gutiérrez, J., Condeço-Melhorado, A., López, E., y Monzón, A. (2011). Evaluating the European added value of TEN-T projects: a methodological proposal based on spatial spillovers, accessibility and GIS. *Journal of Transport Geography*, 19(4), 840–850. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2010.10.011>
- Handy, S. L., y Niemeier, D. A. (1997). Measuring accessibility: An exploration of issues and alternatives. *Environment and Planning A*, 29(7), 1175–1194. <https://doi.org/10.1068/a291175>
- Hansen, W. G. (1959). How Accessibility Shapes Land Use. *Journal of the American Institute of Planners*, 25(2), 73–76. <https://doi.org/10.1080/01944365908978307>
- Harris, C. D. (1954). The Market as a Factor in the Localization of Industry in the United States. *Annals of the Association of American Geographers*, 44(4), 315–348. <https://doi.org/10.2307/2561395>
- Heintz, J., Pollin, R., y Garrett-Peltier, H. (2009). *How infrastructure investments support the US economy: employment, productivity and growth*. Political Economy Research Institute (PERI), University of Massachusetts Amherst.
- Hernández Muñiz, M. (2003). Infraestructuras y servicios de transporte para un mundo sin distancias. *Papeles de Economía Española, Economía de las Comunidades Autónomas*, 20, 192-206.
- Hernández Muñiz, M.; Mato Díaz, F.J. y Blanco González, J. (1995). *Evaluating the impact of the European Regional Fund: methodology and results in Asturias (1989-1993)*, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Oviedo, Documento de Trabajo nº 098/1995.
- Hickman, R., Givoni, M., Bonilla, D., y Banister, D. (Eds.). (2015). *Handbook on Transport and Development*. USA: Edward Elgar Publishing.
- Higgs, G. (2004). A literature review of the use of GIS-based measures of access to health care services. *Health Services and Outcomes Research Methodology*, 5(2), 119-139.
- Hirschman, A. O. (1958). *The strategy of Economic Development*. New Haven: Yale University Pres.

- Holl, A. (2004). Manufacturing location and impacts of road transport infrastructure: Empirical evidence from Spain. *Regional Science and Urban Economics*, 34(3), 341–363. [https://doi.org/10.1016/S0166-0462\(03\)00059-0](https://doi.org/10.1016/S0166-0462(03)00059-0)
- Holl, A. (2007). Twenty years of accessibility improvements . The case of the Spanish motorway building programme. *Journal of Transport Geography*, 15, 286–297. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2006.09.003>
- Holtz-Eakin, D. (1994). Public-Sector Capital and the Productivity Puzzle. *The Review of Economics and Statistics*, 76 (1),12-21.
- Holvald, T. y Leleur, S. (2015). Transport projects and wider economic impacts. En R. Hickman (ed.) *Handbook of transport and development*, 259-272, USA: Edward Elgar,
- Iacono, M. y Levinson, D. (2015). Methods for estimating the economic impact of transportation improvements en Hickman. En Hickman (ed.): *Handbook of transport and development*, 243-247, USA: Edward Elgar.
- Ianchovichina, E., Estache, A., Foucart, R, Garsous, G., y Yepes, T. (2013). Job creation through infrastructure investment in the Middle East and North Africa. *World development*, 45, 209-222.
- Ingram, D. R. (1971). The concept of accessibility: A search for an operational form. *Regional Studies*, 5(2), 101–107. <https://doi.org/10.1080/09595237100185131>
- Isard, W. (1951). Interregional and Regional Input-Output Analysis: A Model of a Space-Economy. *The Review of Economics and Statistics*, 33(4), 318–328. <https://doi.org/10.2307/1926459>
- Isserman, A. y Merrifield, J. (1982).The use of control groups in evaluating regional economic policy. *Regional Science and urban Economics*, 12 (1), 43-58.
- Isserman, A. M. y Merrifield, J. (1987). Quasi-experimental control Group methods for regional analysis: An application to an energy boomtown and growth pole theory. *Economic Geography*, (63), 3-19.

- Jadaan, K. S., y Nicholson, A. J. (1988). Effect of a new urban arterial on road safety. *Australian road research*, 18(4), 213-223.
- Jiwattanakulpaisarn, P. (2008). *The impact of transport infrastructure investment on regional employment*. (Tesis doctoral). Imperial College. Londres.
- Jiwattanakulpaisarn, P., Noland, R. B., Graham, D. J., y Polak, J. W. (2009). Highway infrastructure and state-level employment: A causal spatial analysis. *Papers in Regional Science*, 88(1), 133–159. <https://doi.org/10.1111/j.1435-5957.2008.00205.x>
- Kang, C., Liu, Y., Guo, D., Qin, K., 2015. A generalized radiation model for human mobility: Spatial scale, searching direction and trip constraint. *PLoS One* 10, 1–11. doi:10.1371/journal.pone.0143500
- Krugman, P. (1991). Increasing returns and economic geography. *Journal of political economy*, 99(3), 483-499.
- Kurz, H.D., Dietzenbacher, E. y Lager, C. (eds.) (1998). *Input-Output Analysis*. Cheltenham, Reino Unido: Edward Elgar.
- Lahr M. y Dietzenbacher, E. (eds.), (2001). *Input-Output Analysis: Frontiers and Extensions*, Basingstoke: Palgrave.
- Lakshmanan, T. R., y Chatterjee, L. R. (2005). Economic consequences of transport improvements, *ACCESS Magazine*, 1 (56)
- Laurance, W. F. et al. (2014). A global strategy for road building. *Nature*, 513(7517), 229-232.
- Lenormand, M., Bassolas, A., & Ramasco, J. J. (2016). Systematic comparison of trip distribution laws and models. *Journal of Transport Geography*, 51, 158–169. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2015.12.008>
- Leontief, W. W. (1936). Quantitative Input and Output Relations in the Economic Systems of the United States. *The Review of Economics and Statistics*, 18(3), 105–125. <https://doi.org/10.2307/1927837>
- Levine, D. W., Golob, T. F., and Recker, W. W. (1988). Accident migration associated with lane-addition projects on urban freeways. *Traffic Engineering and Control*, 29 (12), 624-629.

- Levine, J. (1998). Rethinking Accessibility and Jobs-Housing Balance. *Journal of the American Planning Association*, 64(2), 133–149. <https://doi.org/10.1080/01944369808975972>
- Levine, R., y Renelt, D. (1992). A Sensitivity Analysis of Cross-Country Growth Regressions. *The American Economic Review*, 82(4), 942–963. <http://www.jstor.org/stable/2117352>
- Levinson, D. (2002). Identifying winners and losers in transportation, *Journal of the Transportation Research Board*, 1812, 179-185. DOI: <http://dx.doi.org/10.3141/1812-22>
- Liang, X., Zhao, J., Dong, L., y Xu, K. (2013). Unraveling the origin of exponential law in intra-urban human mobility. *Nature Scientific Reports*, 3, 2983. <https://doi.org/10.1038/srep02983>
- López, E., Gutiérrez, J., y Gómez, G. (2008). Measuring regional cohesion effects of large-scale transport infrastructure investments: an accessibility approach. *European Planning Studies*, 16(2), 277-301.
- Lopez, E., Monzon, A., Ortega, E., y Mancebo Quintana, S. (2009). Assessment of Cross Border Spillover Effects of National Transport Infrastructure Plans: An Accessibility Approach. *Transport Reviews*, 29(4), 515-536.
- Lucas, K. (2012). Transport and social exclusion: Where are we now? *Transport Policy*, 20, 105–113. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.tranpol.2012.01.013>
- McCann, P. and Shefer, D. (2004). Location, agglomeration and infrastructure. *Papers in Regional Science*, 83, 177–196. doi:10.1007/s10110-003-0182-y
- Madsen, J. C. O., Andersen, T., y Lahrmann, H. S. (2013). Safety effects of permanent running lights for bicycles: A controlled experiment. *Accident Analysis & Prevention*, 50, 820–829. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2012.07.006>
- Malyskina, N. V, y Mannering, F. L. (2010). Empirical assessment of the impact of highway design exceptions on the frequency and severity of vehicle accidents. *Accident Analysis & Prevention*, 42(1), 131–139. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2009.07.013>
- Maroto, A., y Zoffio, J. L. (2016). Accessibility gains and road transport infrastructure in Spain : A productivity approach based on the Malmquist index. *Journal of Transport Geography*, 52, 143–152. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.03.008>

- Martin, S. E., Annan, S., y Forst, B. (1993). The special deterrent effects of a jail sanction on first-time drunk drivers: A quasi-experimental study. *Accident Analysis & Prevention*, 25(5), 561–568. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/0001-4575\(93\)90008-K](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/0001-4575(93)90008-K)
- Martínez Sánchez-Mateos, H. S. (2012). La accesibilidad regional y el efecto territorial de las infraestructuras de transporte. Aplicación en Castilla - La Mancha. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (59), 79–103.
- Martínez, S. R., y Rubiera, F. (2001). Los servicios en Asturias: veinte años de terciarización. *Revista Asturiana de Economía*, 139-172.
- Mas, M., Maudos, J., Pérez, F., y Uriel, E. (1995). Public capital and convergence in the Spanish regions. *Entrepreneurship & regional development*, 7(4), 309-328.
- Maza, I. A., González-Páramo, J. M., Alegre, J. M. R., y Martín, M. J. (1993). Productividad e infraestructuras en la economía española, *Documentos de trabajo del Banco de España*, 13, 1-50.
- Meijers, E., Hoekstra, J., Leijten, M., Louw, E., y Spaans, M. (2012). Connecting the periphery : distributive effects of new infrastructure. *Journal of Transport Geography*, 22, 187–198. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.01.005>
- Mejía, L. (2016). The Development impacts of the Madrid metro Line 12 on retail activities around stations. En R. Hickman (ed). *Handbook of transport and development*, 334-345, USA: Edward Elgar.
- Meyer, B.D. (1995). Natural and Quasi-Experiments in Economics, *Journal of Business & Economic Statistics*, 13, 151-162.
- Miller, C. C. (2006). A beast in the field: The Google Maps mashup as GIS/2. *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, 41(3), 187-199.
- Miller, J. P. (1979). Interstate Highways and Job Growth in Nonmetropolitan Areas: A Reassessment. *Transportation Journal*, 19(1), 78–81.
- Miller, R. E., y Blair, P. D. (2009). *Input-output analysis : foundations and extensions*, 750.

- Ministerio de Fomento, (2014). *Los transportes y las Infraestructuras. Informe anual 2014*. Disponible en: <https://www.fomento.gob.es/MFOM.CP.Web/handlers/pdfhandler.ashx?idpub=BTW027>.
- Mitze, T., Paloyo, A. R., y Alecke, B. (2012). Quasi-experimental Methods in Empirical Regional Science and Policy Analysis–Is there a Scope for Application?, *Ruhr Economic Paper*, 367.
- Mitze, T. (2014). Does regional science need an experimentalist buzz?, *Regional Studies, Regional Science*, 1(1), 51-59.
- Mohr, L. B. (1995). *Impact analysis for program evaluation*. Sage:USA
- Monzón, A., Ortega, E., y López, E. (2013). Efficiency and spatial equity impacts of high-speed rail extensions in urban areas. *Cities*, 30(1), 18–30. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2011.11.002>
- Morency, P., Gauvin, L., Plante, C., Fournier, M., y Morency, C. (2012). Neighborhood social inequalities in road traffic injuries: The influence of traffic volume and road design. *American Journal of Public Health*, 102(6), 1112–1119. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2011.300528>
- Munnell, A., y Cook, L. M. (1990). How does public infrastructure affect regional economic performance? *New England Economic Review*, (Sep), 11–33.
- Nadal, J. (1975). *El fracaso de la Revolución Industrial en España, 1814-1913*. Barcelona: Ariel.
- Nässén, J., Holmberg, J., Wadeskog, A., y Nyman, M. (2007). Direct and indirect energy use and carbon emissions in the production phase of buildings: An input-output analysis. *Energy*, 32(9), 1593–1602. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2007.01.002>
- Nattinger AB, Kneusel RT, Hoffmann RG, Gilligan MA. (2001). Relationship of distance from a radiotherapy facility and initial breast cancer treatment. *Journal of the National Cancer Institute*, 93(17), 1344-1346.
- Neuburger, H. (1971). User benefit in the evaluation of transport and land use plans. *Journal of Transport Economics and Policy*, 5(1), 52-75.

- Neutens, T. (2015). Accessibility, equity and health care: review and research directions for transport geographers, *Journal of Transport Geography*, 43,14-27. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2014.12.006>
- Niemeier, D. A. (1997). Accessibility: an evaluation using consumer welfare. *Transportation*, 24(4), 377–396. <https://doi.org/10.1023/A:1004914803019>
- Nogués, S., y González-González, E. (2014). Multi-criteria impacts assessment for ranking highway projects in Northwest Spain. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 65, 80–91. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2014.04.008>
- Nogués Linares, S., y Salas Olmedo, H. (2008). La medición del impacto territorial de las carreteras en áreas periféricas a través del análisis de los usos del suelo. En *Tecnologías de la Información Geográfica para el Desarrollo Territorial*. Servicio de Publicaciones y Difusión Científica de la ULPGC. Las Palmas de Gran Canaria, 370-380.
- Noland, R. B. (2003). Traffic fatalities and injuries: The effect of changes in infrastructure and other trends. *Accident Analysis & Prevention*, 35(4), 599–611. <https://doi.org/10.1016/S0001->
- Obregón-Biosca, S. A. (2010). Estudio comparativo del impacto en el desarrollo socioeconómico en dos carreteras: Eix Transversal de Catalunya, España, y MEX120, México. *Economía, sociedad y territorio*, 10 (32), 1-47.
- OCDE (1994). *Creating rural indicators for shaping territorial policy*, Paris: OCDE.
- OCDE (2002). *Impact of transport of transport infrastructure investment on regional development*, Paris: OCDE.
- Pañeda, C. (2004). Sector agrario. *Datos y cifras de la economía asturiana*, (2004), 81-105.
- Peeters, P., Szimba, E., y Duijnsveld, M. (2007). Major environmental impacts of European tourist transport. *Journal of Transport Geography*, 15(2), 83–93. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2006.12.007>
- Pereira, A. M. (2000). Is all public capital created equal?. *Review of Economics and Statistics*, 82(3), 513-518.

- Peterson, S. K., y Jessup, E. L. (2011). Evaluating The Relationship Between Transportation Infrastructure and Economic Activity: Evidence from Washington State. *Journal of the Transportation Research Forum*, 47(2), 21–39. <https://doi.org/10.5399/osu/jtrf.47.2.1691>
- Petticrew, M., Cummins, S., Ferrell, C., Findlay, A., Higgins, C., Hoy, C., Sparks, L. (2005). Natural experiments: An underused tool for public health? *Public Health*, 119(9), 751–757. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2004.11.008>
- Preston, J., 2001. Integrating transport with socio-economic activity – a research agenda for the new millennium. *Journal of Transport Geography* 9 (1), 13–24.
- Pulido, A. y A. Fontela (1993). *Análisis input-output. Modelos, datos y aplicaciones*. Madrid: Pirámide.
- Puga, D. (2008). Agglomeration and cross-border infrastructure. *EIB Papers*, 13(2), 102-124.
- Puga, D. (2002). European regional policies in light of recent location theories. *Journal of Economic Geography*, 2(4), 373–406. <http://dx.doi.org/10.1093/jeg/2.4.373>
- Reed, W. R. y Rogers, C. L. (2003). A study of quasi-experimental control group methods for estimating policy impacts. *Regional Science and Urban Economics*, 33 (1), 3-25.
- Ren, Y., Ercsey-Ravasz, M., Wang, P., González, M. C., y Toroczkai, Z. (2014). Predicting commuter flows in spatial networks using a radiation model based on temporal ranges. *Nature Communications*, 5, 5347. <https://doi.org/10.1038/ncomms6347>
- Rephann, T. e Isserman, A. (1994). New highways as economic development tools: An evaluation using quasi-experimental control group matching methods, *Regional Science and Urban Economics*, 24 (6), 723-751.
- Reynolds, D. J. (1956). The cost of road accidents. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 119(4), 393-408.
- Richardson, H. W. (1985). Input-output and economic base multipliers: looking backward and forward. *Journal of Regional Science*, 25(4), 607–661. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9787.1985.tb00325.x>
- Rietveld, P. (1989). Infrastructure and regional development. *The Annals of Regional Science*, 23, 255-274. DOI: 10.1007/BF01579778

- Rietveld, P., y Bruinsma, F. R. (1998). *Is transport infrastructure effective?: transport infrastructure and accessibility: impacts on the space economy*, Berlin: Springer Verlag.
- Rose, A., y Miernyk, W. (1989). Input–Output Analysis: The First Fifty Years. *Economic Systems Research*, 1(2), 229–272. <https://doi.org/10.1080/09535318900000016>
- Rosenzweig, M. y Wolpin, K (2000). Natural experiments in economics. *Journal of Economic Literature*, 38(4), 827-874.
- Rubiera, F. (2005). *Los servicios avanzados a empresas: dinámicas de localización, patrones de externalización y efectos sobre el desarrollo regional*. Madrid: Thomson-Civitas.
- Scheurer, J., y Curtis, C. (2007). Accessibility measures: overview and practical applications. *Impacts of Transit Led Development in a New Rail Corridor*, (4), 1–53.
- Sen, A. (2000). El desarrollo como libertad. *Gaceta Ecológica*, 55, 14-20.
- Sendra, J. B., y García, R. C. (2000). El uso de los sistemas de Información Geográfica en la planificación territorial. *Anales de Geografía de la Universidad complutense* , 20, 49.
- Serrano Martínez, J. M. (2001). Accesibilidad territorial en España: autopista y autovías. *Papeles de geografía*, 33, 133-158.
- Shadish, W.R., Cook T.D.,y Campbell, D.T. (2002). *Experimental and Quasi-Experimental Designs for Generalized Causal Inference*. Boston: Houghton Mifflin.
- Simini, F., González, M. C., Maritan, A., y Barabási, A.-L. (2012). A universal model for mobility and migration patterns. *Nature*, 484(7392), 96–100. <https://doi.org/10.1038/nature10856>
- Sood, N., y Ghosh, A. (2007). The short and long run effects of daylight saving time on fatal automobile crashes. *Journal of Economic Analysis & Policy*, 7(1), <https://doi.org/10.2202/1935-1682.1618>
- Song, L., y van Geenhuizen, M. (2014). Port infrastructure investment and regional economic growth in China: Panel evidence in port regions and provinces. *Transport Policy*, 36, 173-183.
- Spellerberg, I. A. N. (1998). Ecological effects of roads and traffic: a literature review. *Global Ecology and Biogeography*, 7(5), 317-333.

- Spence, N., y Linneker, B. (1994). Evolution of the motorway network and changing levels of accessibility in Great Britain. *Journal of Transport Geography*, 2(4), 247–264.
[https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/0966-6923\(94\)90049-3](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/0966-6923(94)90049-3)
- Stelder (2016). Regional Accessibility Trends in Europe: Road Infrastructure, 1957–2012. *Regional Studies*, 50(6), 983-995, <http://dx.doi.org/10.1080/00343404.2014.952721>.
- Stephanedes, Y. J., y Eagle, D. M. (1986). Highway expenditures and non-metropolitan employment. *Journal of Advanced Transportation*, 20(1), 43–61.
<https://doi.org/10.1002/atr.5670200104>
- Stepniak, M., y Rosik, P. (2013). Accessibility improvement, territorial cohesion and spillovers: a multidimensional evaluation of two motorway sections in Poland. *Journal of Transport Geography*, 31, 154–163. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2013.06.017>
- Spiekermann, K., et al.(2015). Transport Accessibility at Regional/Local Scale and Patterns in Europe. TRACC Executive Summary and Final Report. Luxembourg: ESPON.
- Stewart, J. Q. (1947). Empirical mathematical rules concerning the distribution and equilibrium of population. *Geographical review*, 37(3), 461-485.
- Stouffer, S. A. (1960). Intervening opportunities and competing migrants. *Journal of Regional Science*, 2(1), 1–26. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9787.1960.tb00832.x>
- Tatom, J. A. (1993). Paved with good intentions: The mythical national infrastructure crisis. *Policy Analysis*, 196.
- Theofilatos, A., & Yannis, G. (2014). A review of the effect of traffic and weather characteristics on road safety. *Accident Analysis & Prevention*, 72, 244–256.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2014.06.017>
- Timmer, M. P., Dietzenbacher, E., Los, B., Stehrer, R. and de Vries, G. J. (2015). An Illustrated User Guide to the World Input–Output Database: the Case of Global Automotive Production, *Review of International Economics*, 23, 575–605.
- van Wee, B., Hagoort, M., y Annema, J. A. (2001). Accessibility measures with competition. *Journal of Transport Geography*, 9(3), 199–208.
[https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0966-6923\(01\)00010-2](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0966-6923(01)00010-2)

- van de Vooren, F. W. C. J. (2004). Modelling transport in interaction with the economy. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 40(5), 417–437. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.tre.2003.11.001>
- Vard, T., Willems, E., Lemmens, E., y Peters, R. (2005). Use of the CORINE land cover to identify the rural character of communes and regions at EU level. *Trends of some agri-environmental indicators of the European Union*, EUR, 21669.
- Vassallo Magro, J.M. (1999). *Criterios de selección de nuevos sistemas de gestión y financiación de la conservación de carreteras*. (Tesis doctoral). Departamento E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Madrid.
- Vázquez, J.A. (1989). Regiones de tradición industrial en declive. La Cornisa Cantábrica. En J.L. García Delgado (ed), 961-987, *España, Economía*. Madrid: Calpe.
- Vázquez, J. A., y Lomba, R. (2000). La industria asturiana, un sector en transformación. *Economía Industrial*, (335/336), 111-122.
- Vázquez, J. (2014). Las décadas ganadas y perdidas de la economía Española. En Alonso Rodríguez, J.A. (coord.), *Ensayos sobre economía Española*, 25-34. Civitas.
- Vickerman, R. W. (1974). Accessibility, attraction, and potential: a review of some concepts and their use in determining mobility. *Environment and Planning A*, 6(6), 675-691.
- Vickerman, R. W. (1995). The regional impacts of Trans-European networks, *The Annals of Regional Science*, 29, 237-254.
- Vickerman, R., Spiekermann, K., y Wegener, M. (1999). Accessibility and Economic Development in Europe. *Regional Studies*, 33(1), 1–15. <https://doi.org/10.1080/00343409950118878>
- Villaverde, J., Coto-Millán, P., Aza, R., Baños, J., y Canal, J. F. (2004). Impacto de los puertos de Avilés y Gijón en la economía asturiana. *Papeles de Economía Española*, 207-219.
- Wang, C., Quddus, M. A., y Ison, S. G. (2013). The effect of traffic and road characteristics on road safety: A review and future research direction. *Safety Science*, 57, 264–275. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2013.02.012>

- Weibull, J. W. (1976). An axiomatic approach to the measurement of accessibility. *Regional Science and Urban Economics*, 6(4), 357–379.
[https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/0166-0462\(76\)90031-4](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/0166-0462(76)90031-4)
- Weisbrod, G., y Treyz, F. (1998). Productivity and accessibility: bridging project-specific and macroeconomic analyses of transportation investments. *Journal of Transportation and Statistics*, 1(3), 65-79.
- WHO (2015). Global Status Report on Road, 340. Retrieved from www.who.int
- Wiedmann, T. (2009). A review of recent multi-region input–output models used for consumption-based emission and resource accounting. *Ecological Economics*, 69(2), 211–222. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.08.026>
- Williams, H. C. W. L. (1976). Travel demand models, duality relations and user benefit analysis*. *Journal of Regional Science*, 16(2), 147–166. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9787.1976.tb00960.x>
- Wills, M. J. (1986). A flexible gravity-opportunities model for trip distribution. *Transportation Research Part B*, 20(2), 89–111. [https://doi.org/10.1016/0191-2615\(86\)90001-9](https://doi.org/10.1016/0191-2615(86)90001-9)
- Woods, M. (2009). Rural geography: blurring boundaries and making connections. *Progress in Human Geography*, 33(6), 849.
- Yang, Y., Herrera, C., Eagle, N., y González, M. C. (2014). Limits of predictability in commuting flows in the absence of data for calibration. *Nature Scientific Reports*, 4 (5662), 1-9. <https://doi.org/10.1038/srep05662>
- Zofío, J. L., Condeço-melhorado, A. M., Maroto-sánchez, A., y Gutiérrez, J. (2014). Generalized transport costs and index numbers : A geographical analysis of economic and infrastructure fundamentals. *Transportation Research Part A*, 67, 141–157. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2014.06.009>
- Zografos, K. G., y Stephanedes, Y. J. (1992). Impact of state highway investment on employment along major highway corridors. *Transportation Research Record*, 1359, 151-155.

ANEXOS

Tabla a1. Evolución de la red de carreteras de alta capacidad en Europa (1990-2010)

	Area (1.000 km ²)	Km de vías de alta capacidad			Población (millones de habitantes)			Longitud/área (Km/1000 km)			Longitud/población (Km/millón hab.)		
		1990	2000	2010	1990	2000	2010	1990	2000	2010	1990	2000	2010
		Bélgica	30.5	1.666	1.702	1.763	9.98	10.30	10.80	54,6	55,8	57,8	167,0
Holanda	41.5	2.092	2.265	2.631	15.07	15.99	16.66	50,4	54,5	63,3	138,8	141,7	158,0
Alemania	357	10.854	11.712	12.819	61.66	79.75	79.65	30,4	32,8	35,9	176,0	146,9	160,9
Luxemburgo	2.6	78	114	152	0.39	0.04	0.51	30,0	43,8	58,5	202,8	259,4	296,7
Italia	301.3	6.193	6.478	6.668	56.78	57.00	59.40	20,5	21,5	22,1	109,1	113,7	112,3
Austria	83.9	1.445	1.633	1.719	nd	0.00	8.40	17,2	19,5	20,5	nd	nd	204,6
Dinamarca	43.1	611	923	1130	5.15	5.35	5.56	14,2	21,4	26,2	118,7	172,5	203,2
Reino Unido	244.1	3.181	3.6	3.673	56.47	58.79	63.18	13,0	14,7	15,0	56,3	61,2	58,1
Chipre	9.3	120	257	257	nd	69.00	0.84	12,9	27,8	27,8	nd	372,7	305,8
Francia	544	6.824	9.766	11.392	58.08	60.19	64.93	12,5	18,0	20,9	117,5	162,3	175,4
Eslovenia	20.3	228	427	771	nd	1.96	2.05	11,2	21,1	38,0		217,4	376,1
España	505.4	4.976	9.049	14.262	38.87	40.85	46.82	9,8	17,9	28,2	128,0	221,5	304,6
Lituania	65.3	421	417	309	nd	34.84	3.04	6,4	6,4	4,7	nd	119,7	101,5
Croacia	56.5	291	411	1097	nd	nd	4.30	5,1	7,3	19,4	nd	nd	255,1
Rep. Checa	78.8	357	501	734	nd	10.23	10.44	4,5	6,4	9,3	nd	49,0	70,3
Eslovaquia	49	192	296	416	nd	53.79	5.40	3,9	6,0	8,5	nd	55,0	77,0
Hungría	70.3	267	448	1.477	nd	10.20	9.94	3,8	6,4	21,0	nd	43,9	148,6
Portugal	92.1	316	1.482	2.737	9.86	10.36	10.56	3,4	16,1	29,7	32,0	143,1	259,1
Bulgaria	110.9	273	319	437	nd	79.29	7.37	2,5	2,9	3,9	nd	nd	59,3
Suecia	438.5	939	1.499	1.891	85.87	88.83	9.48	2,1	3,4	4,3	109,3	168,8	199,4
Grecia	132	190	615	1.12	10.26	10.94	11.20	1,4	4,7	8,5	18,5	56,2	100,0
Estonia	45.2	41	93	115	nd	1.37	1.29	0,9	2,1	2,5	nd	67,9	88,8
Polonia	312.7	257	358	857	nd	38.23	38.05	0,8	1,1	2,7	nd	9,4	22,5
Finlandia	338.1	225	549	779	49.98	51.81	5.38	0,7	1,6	2,3	45,0	106,0	144,9
Rumania	238.3	113	113	332	nd	21.68	20.12	0,5	0,5	1,4	nd	5,2	16,5
Irlanda	68.9	26	103	900	35.26	38.58	4.58	0,4	1,5	13,1	7,4	26,7	196,8
Letonia	64.5	nd	nd,	nd	nd	23.77	2.07	nd	nd	nd			

Fuente: elaboración propia a partir de datos de Eurostat.

Tabla a2. Evolución de la red de carreteras de alta capacidad en las comunidades autónomas (1990-2015)

	Area (km ²)	Km de vías de alta capacidad			Población (millones de habitantes)			Longitud/área (Km/1000 km)			Longitud/población (Km/millón hab.).		
		1990	2000	2015	1990	2000	2015	1990	2000	2015	1990	2000	2015
Andalucía	87.268	726	1.911	2.822	6,90	7,34	8,40	8,32	21,90	32,33	105,23	260,35	335,93
Aragón	47.719	330	456	836	1,19	1,19	1,32	6,92	9,56	17,52	276,55	383,22	634,44
Asturias	10.604	80	192	467	1,10	1,08	1,05	7,54	18,11	44,04	72,54	178,34	444,26
Baleares	4.992	42	72	191	0,71	0,85	1,10	8,41	14,42	38,19	59,55	85,14	172,61
Canarias	7.447	198	255	335	1,48	1,72	2,10	26,59	34,24	44,98	133,47	148,58	159,47
Cantabria	5.321	42	135	258	0,53	0,53	0,59	7,89	25,37	48,46	79,59	254,16	440,66
Castilla y León	94.224	501	1.278	2.447	2,56	2,48	2,47	5,32	13,56	25,97	195,74	515,51	989,99
Castilla-La Mancha	79.461	435	875	1.834	1,66	1,73	2,06	5,47	11,01	23,08	261,97	504,54	890,54
Cataluña	32.113	838	1.427	1.589	6,06	6,26	7,51	26,10	44,44	49,47	138,18	227,88	211,60
Comunidad Valenciana	23.255	561	963	1.441	3,84	4,12	4,98	24,12	41,41	61,97	146,02	233,70	289,34
Extremadura	41.634	17	274	763	1,07	1,07	1,09	0,41	6,58	18,32	15,96	256,21	697,98
Galicia	29.575	141	699	1.175	2,75	2,73	2,73	4,77	23,63	39,74	51,25	255,87	430,17
Madrid	8.028	472	684	991	4,94	5,21	6,44	58,79	85,20	123,45	95,60	131,40	153,96
Murcia	11.314	82	367	664	1,04	1,15	1,47	7,25	32,44	58,66	79,01	319,32	452,34
Navarra	10.391	172	223	405	0,52	0,54	0,64	16,55	21,46	39,00	331,00	410,11	632,72
País Vasco	7.234	359	495	617	2,12	2,10	2,19	49,63	68,43	85,29	169,59	235,87	281,82
Rioja, La	5.045	129	137	185	0,26	0,26	0,32	25,57	27,16	36,76	490,46	518,59	584,86
Ceuta y Melilla	33	1		2	0,07	0,08	0,08	30,30	0,00	46,97	14,82	0,00	18,39
Total España	505.990	5.126	10.443	17.021	38,8	40,4	46,5	10.13	20.64	33.64	132.12	258.28	365.74

Fuente: Observatorio del Transporte en España (Ministerio de Fomento) e INE.

Tabla a3. Evolución de la red ferroviaria en las comunidades autónomas (2000-2015)

	Total		Ancho ibérico		Ancho UIC		Ancho mixto (IB+UIC)		Ancho métrico	
	2000	2015	2000	2015	2000	2015	2000	2015	2000	2015
Andalucía	2.298,10	2.357,86	2.081,30	1.996,90	216,80	360,96	0,00	0,00	0,00	0,00
Aragón	951,10	1.323,60	951,10	969,40	0,00	332,50	0,00	21,70	0,00	0,00
Asturias	214,10	677,50	214,10	202,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	475,50
Cantabria	119,60	311,00	119,60	122,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	189,00
Castilla - La Mancha	1.493,00	2.033,00	1.259,00	1.262,40	234,00	770,60	0,00	0,00	0,00	0,00
Castilla y León	2.076,80	2.535,70	2.076,80	1.820,90	0,00	437,00	0,00	0,00	0,00	277,80
Cataluña	1.342,10	1.550,90	1.342,10	1.106,30	0,00	352,80	0,00	91,80	0,00	0,00
Comunitat Valenciana	794,30	952,70	794,30	775,70	0,00	177,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Extremadura	833,70	747,80	833,70	747,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Galicia	927,90	1.211,00	927,90	1.056,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	154,20
Madrid	600,90	699,00	549,80	518,40	32,90	157,10	0,00	5,30	18,20	18,20
Murcia	268,00	280,10	268,00	260,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,60
Navarra	240,60	218,20	240,60	218,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
País Vasco	294,00	375,30	294,00	302,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	72,70
Rioja, La	125,40	110,80	125,40	110,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	12.579,60	15.384,46	12.077,70	11.470,70	483,70	2.587,96	0,00	118,80	18,20	1.207,00

Fuente: Observatorio del Transporte y la Logística en España, Ministerio de Fomento e INE.

Tabla a4. Evolución de la inversión en infraestructuras en Asturias (1990-2012)

	PIB pm (miles de euros)	Inversión Bruta (miles de euros)					% Sobre el PIB				
		Total	Infr. ferroviarias	Infr. portuarias	Infr. aeroport.	Infr. viarias	Total	Infr. ferroviarias	Infr. portuarias	Infr. aeroport.	Infr. viarias
1990	7,727.543	211.857	24.799	22.326	377	164.354	2,74%	0,32%	0,29%	0,00%	2,13%
1991	8,349.963	222.809	26.697	25.264	326	170.522	2,67%	0,32%	0,30%	0,00%	2,04%
1992	9,085.475	197.410	14.873	22.434	32	160.072	2,17%	0,16%	0,25%	0,00%	1,76%
1993	9,257.515	249.276	33.235	19.325	791	195.923	2,69%	0,36%	0,21%	0,01%	2,12%
1994	9,791.839	263.171	33.862	24.016	3.542	201.751	2,69%	0,35%	0,25%	0,04%	2,06%
1995	10,824.067	251.014	24.020	22.235	7.592	197.167	2,32%	0,22%	0,21%	0,07%	1,82%
1996	11,211.425	213.814	22.086	15.511	3.951	172.266	1,91%	0,20%	0,14%	0,04%	1,54%
1997	11,571.682	244.766	24.586	17.164	625	202.391	2,12%	0,21%	0,15%	0,01%	1,75%
1998	12,355.345	262.660	38.579	21.878	1.023	201.179	2,13%	0,31%	0,18%	0,01%	1,63%
1999	12,723.892	341.178	37.918	15.495	2.498	285.266	2,68%	0,30%	0,12%	0,02%	2,24%
2000	13,895.893	407.768	33.834	34.251	5.415	334.267	2,93%	0,24%	0,25%	0,04%	2,41%
2001	14,956.946	531.980	24.011	44.534	926	462.510	3,56%	0,16%	0,30%	0,01%	3,09%
2002	15,882.347	629.957	36.497	38.456	2.312	552.692	3,97%	0,23%	0,24%	0,01%	3,48%
2003	16,851.536	565.088	51.495	62.022	22.923	428.648	3,35%	0,31%	0,37%	0,14%	2,54%
2004	18,002.404	624.786	121.819	48.619	3.563	450.785	3,47%	0,68%	0,27%	0,02%	2,50%
2005	19,568.258	622.998	111.864	74.113	4.005	433.015	3,18%	0,57%	0,38%	0,02%	2,21%
2006	21,365.204	701.462	154.889	148.886	3.149	394.538	3,28%	0,72%	0,70%	0,01%	1,85%
2007	22,936.864	996.485	281.823	21.4393	5.068	495.201	4,34%	1,23%	0,93%	0,02%	2,16%
2008	23,736.703	971.359	356.835	236.548	6.874	371.102	4,09%	1,50%	1,00%	0,03%	1,56%
2009	22,725.577	845.724	265.425	175.363	5.110	399.827	3,72%	1,17%	0,77%	0,02%	1,76%
2010	23,115.779	716.849	228.042	140.790	3.208	344.808	3,10%	0,99%	0,61%	0,01%	1,49%
2011	22,472.061	425.915	132.070	45.835	5.091	242.919	1,90%	0,59%	0,20%	0,02%	1,08%
2012	21,894.538	388.621	93.275	21.338	10.887	263.121	1,77%	0,43%	0,10%	0,05%	1,20%

Fuente: elaboración propia a partir de datos del INE e IVIE.

Tabla a5. Puesta en funcionamiento y coste de los diferentes tramos que conforman la Autovía del Cantábrico

	Tramo	KM	Coste (Millones de Euros)	Fecha puesta en servicio
Cantabria	El Haya - Castro Urdiales	n.d	n.d	28/02/1990
	Castro Urdiales Este - Castro Urdiales Oeste:	n.d	n.d	08/07/1991
	Castro Urdiales Oeste - Laredo:	24,0	n.d	21/03/1995
	Laredo - Treto	4,8	n.d	12/03/1993
	Treto - Hoznayo:	21,0	n.d	21/03/1995
	Hoznayo - Solares:	4,0	n.d	19/10/1992
	Sierrapando - Torres:	33	n.d	30/11/2000
	Torres - Cabezón de la Sal:	20	n.d	10/06/1998
	Cabezón de la Sal - Lamadrid:	13	n.d	15/04/2002
	Lamadrid - Unquera:	15,5	93,7	19/10/2001
	Asturias	Llanes-Llovio	22,6	70,4
Colunga-Venta del Pobre		8,3	46,8	31/07/00 (7,00km) 30/11/01 (1,3km)
Caravia-Colunga		7,1	56,5	31/07/2001
Venta Del Pobre-Villaviciosa		9,0	62,1	29/11/2001
Infanzón (Gijón)-Piles (Gijón)		9,7	96,3	30/07/2002
Llovio-Caravia		11,6	176,6	25/11/2002
Villaviciosa-Gijón		9,4	162,2	23/02/2004
Vegarrozadas-Soto del Barco		5,0	98,2	18/04/2005
Tamón-Villalegre		8,9	91,1	30/12/2005
Villalegre-Vegarrozadas		7,5	80,5	30/12/2005
Variante de Navia		6,2	118,5	03/07/2006
Cadavedo-Queruas		5,3	31,9	13/04/2007
Queruas-Otur		9,1	47,3	13/04/2007
Soto del Barco-Muros del Nalón		6,3	101,9	23/05/2007
Ballota-Cadavedo		5,9	43,7	04/07/2007
Novellana-Ballota		3,8	26,4	06/02/2008
Villapedre-Variante de Navia		2,9	20,4	28/02/2008
Tapia de Casariego-Barres		4,9	41,4	11/07/2008
Barres-Ribadeo		4,7	55,5	01/10/2008
Las Dueñas-Novellana		7,2	56,8	03/04/2009
Variante de Navia-Tapia De Casariego		11,9	86,1	04/02/2012
Muros del Nalón-Las Dueñas		8,2	148,9	15/03/2013
La Franca-Pendueles		7,6	79,0	07/08/2014
Llanes Pendueles		10,7	81,0	02/10/2013 5,4 km 28/09/2012 5,3 km
Otur-Villapedre		9,3	76,2	16/12/2013
Unquera-La Franca		4,1	64,0	30/12/2014
Lugo		Ribadeo-Reinante:	10,0	58,0
	Vilalba-Regovide-Abeledo:	11,6	58,5	15/06/2007
	Abeledo-Baamonde:	5,3	30,0	07/03/2008
	Reinante-Barreiros:	7,7	34,5	07/11/2008
	Abadín-Castromaior-Touzas	10,0	56,3	09/10/2010
	Barreiros-Vilamar-Lourenzá	9,2	88,0	04/02/2011
	Abadín-Carreira	5,0	43,4	08/04/2011
	Vilalba-Touzas:	9,0	45,0	03/06/2011
	Lourenzá-Mondoñedo:	3,5	48,2	22/06/2012
	Mondoñedo-Lindín-Carreira	15,9	192,0	03/02/2014

Fuente: Asturias y Lugo elaborado a partir de datos de la DG Carreteras en Asturias y de la hemeroteca Ministerio de Fomento.

ANEXO II

AGRUPACIÓN DE ACTIVIDADES

TIO INE

RAMA 1, AGRICULTURA, GANADERÍA, SILVICULTURA Y PESCA

Agricultura, ganadería y caza
Silvicultura y explotación forestal;
Pesca y acuicultura

RAMA 2, INDUSTRIAS EXTRACTIVAS

Extracción y aglomeración de antracita, hulla, lignito y turba
Extracción de crudos de petróleo y gas natural,
Extracción de minerales de uranio y torio,
Extracción de minerales metálicos
Extracción de minerales no metálicos ni energéticos

RAMA 3, SUMINISTRO DE ENERGÍA, VAPOR , AGUA, Vapor, gestión de residuos

Reciclaje
Producción y distribución de energía eléctrica
Producción y distribución de combustibles gaseosos por conductos urbanos, excepto gasoductos,
Producción y distribución de vapor y agua caliente
Captación, depuración y distribución de agua

RAMA 4, INDUSTRIA MANUFACTURERA

Coquerías, refino de petróleo y tratamiento de combustibles nucleares
Industria cárnica
Industrias lácteas
Industrias de otros productos alimenticios
Elaboración de bebidas
Industria del tabaco
Industria textil
Industria de la confección y de la peletería
Preparación, curtido y acabado del cuero; fabricación de artículos de marroquinería y viaje; artículos de guarnicionería, talabartería y zapatería
Industria de la madera y del corcho, excepto muebles; cestería y espartería,
Industria del papel
Edición, artes gráficas y reproducción de soportes grabados
Industria química
Fabricación de productos de caucho y materias plásticas
Fabricación de cemento, cal y yeso
Fabricación de vidrio y productos de vidrio
Fabricación de productos cerámicos
Fabricación de otros minerales no metálicos
Metalurgia
Fabricación de productos metálicos, excepto maquinaria y equipo
Industria de la construcción de maquinaria y equipo mecánico
Fabricación de maquinas de oficina y equipos informáticos
Fabricación de maquinaria y material eléctrico

Fabricación de material electrónico; fabricación de equipo y aparatos de radio, televisión y comunicaciones

Fabricación de equipo e instrumentos médico-quirúrgicos, de precisión, óptica y relojería

Fabricación de vehículos de motor, remolques y semirremolques

Fabricación de otro material de transporte

Fabricación de muebles; otras industrias manufactureras

RAMA 5, CONSTRUCCIÓN

RAMA 6, COMERCIO AL POR MAYOR Y MENOR

Venta, mantenimiento y reparación de vehículos de motor, motocicletas y ciclomotores; venta al por menor de combustible para vehículos de motor

Comercio al por mayor e intermediarios del comercio, excepto de vehículos de motor y motocicletas

Comercio al por menor, excepto el comercio de vehículos de motor, motocicletas y ciclomotores; reparación de efectos personales y enseres domésticos

RAMA 7, HOSTELERÍA

RAMA 8, TRANSPORTE

Transporte por ferrocarril

Otros tipos de transporte terrestre; transporte por tubería

Transporte marítimo, de cabotaje y por vías de navegación interiores

Transporte aéreo y espacial

Correos y telecomunicaciones

RAMA 9, ACTIVIDADES FINANCIERAS

Intermediación financiera, excepto seguros y planes de pensiones

Servicios de intermediación financiera medidos indirectamente (SIFMI)

Seguros y planes de pensiones, excepto seguridad social obligatoria

Actividades auxiliares a la intermediación financiera

RAMA 10, ACTIVIDADES ADMINISTRATIVAS Y SERVICIOS AUXILIARES

Actividades inmobiliarias

Alquiler de maquinaria y equipo

Actividades de agencia de viajes

En las tablas de 2010 se incluye en esta actividad las siguientes ramas

Actividades de alquiler

Actividades relacionadas con el empleo

Agencias de viaje

Seguridad, servicios a edificios y otros servicios auxiliares

RAMA 11, ACTIVIDADES PROFESIONALES, CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS

Actividades informáticas

Investigación y desarrollo

Otras actividades empresariales

En las tablas de 2010 se incluye en esta actividad las siguientes ramas

Edición, cinematográficas

radio y televisión

Telecomunicaciones

Actividades informáticas y servicios de información

Actividades jurídicas y de contabilidad

Servicios de arquitectura e ingeniería

Publicidad y estudios de mercado

Otras actividades profesionales

Investigación y desarrollo

RAMA 12, RESTO SERVICIOS: AAPP, EDUCACIÓN, SANIDAD, SERVICIOS SOCIALES Y COMUNIDAD

Educación de mercado
 Actividades sanitarias y veterinarias,
 servicios sociales de mercado
 Actividades de saneamiento público de mercado
 Actividades recreativas, culturales y deportivas de mercado
 Actividades diversas de servicios personales
 Administración Pública, defensa y seguridad social obligatoria
 Educación de no mercado de las AAPP
 Actividades sanitarias y veterinarias, servicios sociales de no mercado
 Actividades de saneamiento público, servicios de no mercado
 Actividades asociativas de no mercado de las ISFLSH
 actividades recreativas, culturales y deportivas, servicios de no mercado
 Hogares que emplean personal doméstico

AGRUPACIÓN DE ACTIVIDADES

TIO SADEI

RAMA 1, AGRICULTURA, GANADERÍA, SILVICULTURA Y PESCA

Agricultura, ganadería y caza
 Silvicultura y explotación forestal;
 Pesca y acuicultura

RAMA 2, INDUSTRIAS EXTRACTIVAS

Extracción de carbones minerales
 Extracción de petróleo y gas natural;
 Extracción de uranio y torio; Extracción de minerales metálicos;
 Extracción de minerales no metálicos

RAMA 3, SUMINISTRO DE ENERGÍA, VAPOR , AGUA, Vapor, gestión de residuos

Reciclaje
 Energía eléctrica, gas, vapor y agua caliente
 Captación, depuración y distribución de agua

RAMA 4, INDUSTRIA MANUFACTURERA

Industrias de productos alimenticios y bebidas
 Industria del tabaco
 Industria textil
 Industria de la confección y de la peletería
 Industria del cuero y del calzado
 Industria de la madera y del corcho
 Industria del papel
 Edición, artes gráficas y soportes grabados
 Coquerías y refino de petróleo Industria química
 Productos de caucho y materias plásticas
 Otros productos minerales no metálicos
 Metalurgia
 Fabricación de productos metálicos

Construcción de maquinaria y equipo mecánico
 Máquinas de oficina y equipos informáticos
 Fabricación de maquinaria y material eléctrico
 Fabricación de material electrónico
 Instrumentos médicos, precisión, óptica y relojería
 Fabricación de vehículos de motor y remolques
 Fabricación de otro material de transporte
 Fabricación de muebles; otras manufactureras

RAMA 5, CONSTRUCCIÓN

RAMA 6, COMERCIO AL POR MAYOR Y MENOR

Venta y reparación de vehículos; gasolineras
 Comercio mayorista e intermediarios de comercio
 Comercio minorista; reparación de efectos personales

RAMA 7, HOSTELERÍA

RAMA 8, TRANSPORTE

Transporte terrestre y por tubería
 Transporte marítimo y navegación interior
 Transporte aéreo y espacial
 Actividades anexas a los transportes
 Correos y telecomunicaciones

RAMA 9, ACTIVIDADES FINANCIERAS

Intermediación financiera
 Producción imputada de servicios bancarios
 Seguros y planes de pensiones
 Actividades auxiliares a la banca y seguros

RAMA 10, ACTIVIDADES ADMINISTRATIVAS Y SERVICIOS AUXILIARES

En las tablas de 2010 se incluye en esta actividad las siguientes ramas
 Actividades de alquiler
 Actividades relacionadas con el empleo
 Agencias de viaje
 Seguridad, servicios a edificios y otros servicios auxiliares

RAMA 11, ACTIVIDADES PROFESIONALES, CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS

Actividades informáticas
 Investigación y desarrollo
 Otras actividades empresariales
 En las tablas de 2010 se incluye en esta actividad las siguientes ramas
 Edición, cinematográficas
 radio y televisión
 Telecomunicaciones
 Actividades informáticas y servicios de información
 Actividades jurídicas y de contabilidad
 Servicios de arquitectura e ingeniería
 Publicidad y estudios de mercado
 Otras actividades profesionales
 Investigación y desarrollo

RAMA 12, RESTO SERVICIOS: AAPP, EDUCACIÓN, SANIDAD, SERVICIOS SOCIALES Y COMUNIDAD

Administración pública
 Educación
 Actividades sanitarias; servicios sociales
 Actividades de saneamiento público

Actividades asociativas
Actividades recreativas, culturales y deportivas
Actividades diversas de servicios personales
Hogares que emplean personal doméstico
Organismos extraterritoriales

AGRUPACIÓN DE ACTIVIDADES TABLAS WIOD

RAMA 1, AGRICULTURA, GANADERÍA, SILVICULTURA Y PESCA

Agriculture, Hunting, Forestry and Fishing

RAMA 2, INDUSTRIAS EXTRACTIVAS

Mining and Quarrying

RAMA 3, SUMINISTRO DE ENERGÍA, VAPOR , AGUA, Vapor, gestión de residuos

Electricity, Gas and Water Supply

RAMA 4, INDUSTRIA MANUFACTURERA

Food, Beverages and Tobacco
Textiles and Textile Products
Leather, Leather and Footwear
Wood and Products of Wood and Cork
Pulp, Paper, Paper , Printing and Publishing
Coke, Refined Petroleum and Nuclear Fuel
Chemicals and Chemical Products
Rubber and Plastics
Other Non-Metallic Mineral
Basic Metals and Fabricated Metal
Machinery, Nec
Electrical and Optical Equipment
Transport Equipment
Manufacturing, Nec; Recycling

RAMA 5, CONSTRUCCIÓN

Construction

RAMA 6, COMERCIO AL POR MAYOR Y MENOR

Sale, Maintenance and Repair of Motor Vehicles and Motorcycles; Retail Sale of Fuel
Wholesale Trade and Commission Trade, Except of Motor Vehicles and Motorcycles
Retail Trade, Except of Motor Vehicles and Motorcycles; Repair of Household Goods

RAMA 7, HOSTELERÍA

Hotels and Restaurants

RAMA 8, TRANSPORTE

Inland Transport
Water Transport
Air Transport
Other Supporting and Auxiliary Transport Activities; Activities of Travel Agencies

Post and Telecommunications

RAMA 9, ACTIVIDADES FINANCIERAS

Financial Intermediation

RAMA 10, ACTIVIDADES ADMINISTRATIVAS Y SERVICIOS AUXILIARES

Renting of MyEq and Other Business Activities

RAMA 11, ACTIVIDADES PROFESIONALES, CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS

Real Estate Activities

RAMA 12, RESTO SERVICIOS: AAPP, EDUCACIÓN, SANIDAD, SERVICIOS SOCIALES Y COMUNIDAD

Public Admin and Defence; Compulsory Social Security

Education

Health and Social Work

Other Community, Social and Personal Services

Private Households with Employed Persons

Extra-territorial organizations and bodies

Si bien la disponibilidad de TIOs para los años correspondientes a su publicación limita el número de años a los que es posible ampliar el análisis detallado en este capítulo mediante la modelización input-output, es posible extender el cálculo de los efectos para cada año con periodicidad anual para toda la serie 1995-2010 extrapolando los datos de inversión anual a las tablas input output más cercanas. Así, por ejemplo, para obtener las estimaciones correspondientes a 1997 se hace uso de las matrices de coeficientes técnicos **A** obtenidas para las TIOs de 1995, mientras que para calcular las de 1999 se usa la matriz **A** calculada a partir de las TIOs de 2000. Si bien esto implica asumir que las tecnologías productivas expresadas en los coeficientes de **A** que corresponden a cada año “intermedio” son idénticas a las de los años para los que existe TIO publicada por INE o SADEI, este supuesto es habitual en el uso de modelos input-output dado que la evidencia empírica muestra muy poca variabilidad en los coeficientes técnicos para periodos de menos de 5 años. Los efectos obtenidos para las variables estudiadas se detallan en la Tabla a6 que se muestra a continuación:

Tabla a6. Estimaciones para la serie anual 1995-2010

	Matriz A empleada	Inversión	Empleo Generado		VAB Generado (millones de euros)		Output generado (millones de euros)		Co2 generado (Kt generadas)	
			INE	SADEI	INE	SADEI	INE	SADEI	INE	SADEI
1995	A₁₉₉₅	197.17 €	5.767	5.164	165,14	121,02	397,23	275,65	63,14	40,30
1996		172,27 €	5.038	4.654	144,29	109,06	347,68	248,83	56,90	36,34
1997		202,39 €	5.919	5.467	169,51	128,13	408,47	291,76	66,84	42,69
1998	A₂₀₀₀	201,18 €	4.919	4.884	157,1	140,81	414,28	352,08	52,68	35,42
1999		285,27 €	6.975	6.855	222,76	199,67	587,45	499,24	74,71	50,22
2000		334,27 €	8.173	8.032	261,03	233,97	688,36	584,99	87,54	58,85
2001		462,51 €	11.308	11.114	361,17	323,73	952,44	809,42	121,12	81,01
2002		552,69 €	13.513	13.281	431,59	386,85	1138,14	967,24	144,74	97,30
2003		428,65 €	8.583	7.516	350,8	296,22	999,50	748,65	95,38	60,73
2004	A₂₀₀₅	450,78 €	9.028	7.904	368,91	311,52	1.051,10	787,30	100,31	63,86
2005		433,01 €	8.670	7.593	354,36	299,24	1.009,67	756,27	96,35	61,34
2006		394,54 €	7.900	6.918	322,88	272,65	919,97	689,08	87,79	55,89
2007		495,20 €	9.915	8.683	405,26	342,21	1.019,75	864,88	110,19	70,15
2008	A₂₀₁₀	371,10 €	5.579	6.507	310,52	277,41	744,30	689,04	51,02	37,78
2009		399,83 €	6.011	5.959	334,56	298,88	801,92	742,38	54,97	40,71
2010		344,81 €	5.184	5.387	288,52	257,75	691,57	640,22	47,40	35,10
2011		242,92 €	3.652	4.259	203,26	181,59	487,21	451,04	33,40	24,73
2012		263,12 €	3.956	4.614	220,17	196,69	527,79	488,54	36,17	26,79

Fuente: elaboración propia.

ANEXO III

Sobre el retraso de la construcción del tramo Unquera-Llanes

El Real Decreto legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental, y su Reglamento de ejecución, aprobado por Real Decreto 1131/1988, de 30 de septiembre, establecen la obligación de formular Declaración de Impacto Ambiental²⁸, con carácter previo a la resolución administrativa que se adopte para la realización o, en su caso, autorización de la obra, instalación o actividad comprendidas en los anexos a las citadas disposiciones, entre ellos figura la construcción de autopistas.

Entre estas actividades menciona los proyectos de infraestructuras, en particular:

- Construcción de autopistas y autovías, vías rápidas y carreteras convencionales de nuevo trazado.
- Actuaciones que modifiquen el trazado de autopistas, autovías, vías rápidas y carreteras convencionales preexistentes en una longitud continuada de más de 10 kilómetros.
- Ampliación de carreteras convencionales que impliquen su transformación en autopista, autovía o carretera de doble calzada en una longitud continuada de más de 10 kilómetros.

²⁸ La Declaración de impacto ambiental requiere esta serie de trámites previos:

- 1) La Dirección General de Carreteras, remitió a la antigua Dirección General de Ordenación y Coordinación Ambiental memoria resumen del estudio informativo que definen el proyecto
- 2) Recibidas las referidas Memorias-resumen, la Dirección General de Ordenación y Coordinación Ambiental estableció, a continuación, un período de consultas a personas, Instituciones y Administraciones sobre Impacto Ambiental del Proyecto. la Dirección General de Ordenación y Coordinación Ambiental dio traslado, a la Dirección General de Carreteras, de las respuestas recibidas,
- 3) La Dirección General de Carreteras sometió los _Estudios Informativos y los Estudios de Impacto Ambiental, conjuntamente, a trámite de Información Pública, mediante anuncio que se publicó en el «Boletín Oficial del Estado
- 4) la Dirección General de Carreteras remitió a la Dirección General de Política Ambiental, el expediente completo, consistente en los documentos técnicos correspondientes a los Estudios Informativos, Estudios de Impacto Ambiental y al resultado de la Información Pública
- 5) Dirección General de Política Ambiental, en ejercicio de las atribuciones conferidas por el Real Decreto Ley 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental y los artículos 4.2, 16.1 y 18 de su Reglamento de ejecución, aprobado por Real Decreto 1131/1988, de 30 de septiembre, formula, a los solos efectos ambientales, la declaración del impacto ambiental.

Atendiendo a esta obligación, El BOE 23 de junio de 1993 publica la Resolución de 13 de abril de 1993 de la Dirección General de Política Ambiental por la que se hace pública la declaración de impacto ambiental sobre los estudios informativos de la autovía del Cantábrico en los tramos Llovio-Villaviciosa, Villaviciosa Arroes, **Unquera-Llovio**, Llovio-Lieres y Villaviciosa-Lieres.

Examinada la documentación presentada en el procedimiento, se considera que entre las soluciones incluidas en ella, la más favorable para el tramo Unquera-Llovio, desde el punto de vista ambiental, es la siguiente: Subtramo Llovio-Llanes, se establece construir una autovía en desdoblamiento, esto es a partir del trazado actual duplicar las calzadas. Para el subtramo Llanes--Unquera , se debe construir autovía de nuevo trazado.

En esta declaración de Impacto Ambiental, además de imponerse medidas para la protección del ecosistema, el patrimonio artístico y arqueológico y la integración paisajística, se impone la obligación, a nivel de Proyecto, de estudiar un nuevo corredor entre Llanes y La Franca (comprendido en el tramo Unquera-Llanes) al sur de la solución propuesta en el Estudio de Impacto Ambiental, dado que éste no estudia un corredor alternativo a la citada solución.

- Desde esta primera declaración de impacto ambiental que imponía la obligación de proponer una alternativa al trazado Llanes-La Franca, se desencadenaron los siguientes acontecimientos:
- El 6 de septiembre de 1994 Fomento ordena iniciar un segundo estudio informativo. Lo aprueba 8 meses después, pero el informe de un responsable técnico del Ministerio paraliza el proceso, pues señala que sigue sin estudiarse, como exige la ley un trazado al sur de la sierra plana de la Borbolla, esto es el Valle oscuro.
- El 23 de abril de 1996 Fomento bloquea Unquera-Llanes tras exigir los servicios técnicos que se estudie una alternativa por el valle oscuro..
- El 28 de agosto de 1996 Fomento desbloquea Unquera-Llanes con la ayuda del Principado, que emite un informe favorable al trazado sur contrario a la opción por el Valle oscuro.
- El 5 de marzo de 1997 Fomento publica la segunda DIA, que aconseja el trazado sur.
- El 31 de diciembre de 1999 la fiscalía del Tribunal Superior de Justicia de Madrid denuncia numerosas irregularidades en la tramitación y acusa a tres funcionarios de falsear el estudio de la autovía y diversos informes.
- 19 de enero de 2002 Alvarez Cascos, a la vista de las actuaciones judiciales y de las irregularidades observadas, revoca la DIA y paraliza la tramitación
- 8 de marzo de 2003 Fomento entrega al juez un informe que desvela que el 90% de los datos topográficos del estudio Llanes-Buelna son incorrectos. El 21 de noviembre de 2003 la Audiencia de Oviedo archiva el caso por el supuesto falseamiento de Unquera-

Llanes. El juez no advierte delito penal y apunta a la vía del contencioso administrativo para dilucidar el alcance de los errores e incorrecciones observadas en el estudio informativo.

- El 23 de octubre de 2003 Álvarez Cascos ordena iniciar un tercer estudio informativo
- En marzo de 2004 el gobierno del PP deja listo el estudio informativo de Unquera-Llanes que determina que el trazado debe discurrir por el Valle Oscuro y por la Ería de Andrín y San Roque.
- En mayo de 2004 el nuevo gobierno socialista ordena rehacer el estudio informativo. El nuevo estudio, con mismas mediciones pero distintos baremos, descarta el Valle oscuro y devuelve la autovía a la costa.
- El 25 de enero de 2006 el Ministerio de Medio Ambiente formula declaración de impacto ambiental sobre el estudio informativo de Unquera-Llanes y elige el trazado mixto, que llevará el tramo Unquera-Llanes por la ería de Andrín y a media ladera de las sierras planas (Resolución de 25 de enero de 2006, de la Secretaría General para la Prevención de la Contaminación y el Cambio Climático, por la que en virtud del Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, se formula declaración de impacto ambiental sobre la evaluación del estudio informativo «Autovía del Cantábrico A-8. Tramo: Unquera-Llanes (Asturias)», promovido por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento).

Una estimación de la disminución de los costes incurridos como consecuencia de la accidentabilidad en carretera, Tramos Lamadrid-Unquera, Unquera-Llanes y Llanes Llovio.

Puesto que en esta investigación no se han conseguido obtener datos desagregados que permitan hacer una estimación del coste de los accidentes en Asturias, y más en concreto en la zona analizada, se toma como media el coste de accidentes que estima la DGT, que ha estimado que el coste medio de un accidente con heridos es de 219.000 euros y un accidente con muertos 1,400.000 euros y se estiman los costes medios por los accidentes en los cuatro años antes de la construcción de la autovía, durante la fase de construcción y cuatro años después de su puesta en funcionamiento.

Tabla a7. Costes incurridos por accidentes con muertos y por heridos graves (millones de euros)

Período	Tramo Lamadrid-Unquera		Tramo Unquera-Llanes		Tramo Llanes-Llovio	
	Muertos	Heridos Graves	Muertos	Heridos Graves	Muertos	Heridos Graves
1993-1997	2,80	1,44	4,20	2,32	4,48	1,01
1998-2001	3,85	2,35	5,95	0,93	2,80	2,63
2002-2006	0,56	0,52	3,92	1,18	0,28	0,52

Fuente: elaboración propia a partir de datos de la Dirección General de Tráfico.

Según esto, los costes asociados a los accidentes han sido más altos en el período 1998-2001 coincidiendo con el período de construcción de autovía y han disminuido considerablemente en el período 2002-2006, especialmente los costes que vienen como consecuencia de la mortalidad en carretera. En el tramo Unquera-Llanes apenas habría habido diferencias en los costes asociados a la mortalidad en carretera, mientras que el tramo Llanes-Llovio casi habrían desaparecido y en Lamadrid-Unquera se habrían reducido un 75%.

Según los resultados obtenidos, en el caso de Llanes-Llovio el 90% de la disminución en el número de fallecidos en carretera es debido a la puesta en funcionamiento de la autovía, mientras que en Lamadrid-Unquera el hecho de que haya autovía no es significativo en la variación de la siniestralidad.

ANEXO IV

Tabla a8. Matriz de tiempos de viaje (min) entre las regiones del norte y resto de provincias españolas (2015)

	Lugo	Santander	Oviedo		Lugo	Santander	Oviedo
Almería,	566	545	541	Barcelona	531	385	482
Cádiz,	510	510	484	Girona	570	424	521
Córdoba,	484	463	459	Lleida	442	296	393
Granada	498	477	473	Tarragona	491	345	442
Huelva	486	487	461	Alicante	489	463	464
Jaén	445	424	420	Castellón	501	392	476
Málaga	561	540	536	Valencia	468	390	443
Sevilla	445	445	420	Badajoz	364	364	339
Santander	241	-	117	Cáceres	307	308	282
Ávila	236	215	210	A Coruña,	65	258	163
Burgos	216	118	166	Lugo	00	239	144
León,	133	156	85	Ourense	84	291	216
Palencia	199	115	149	Pontevedra	118	312	217
Salamanca,	202	202	177	Madrid	280	256	254
Segovia	249	204	223	Murcia	485	459	460
Soria	304	210	254	Navarra	334	171	272
Valladolid	195	143	166	Álava,	281	106	207
Zamora	171	196	146	Vizcaya	309	87	188
Albacete	404	378	379	Guipúzcoa	317	127	228
Ciudad Real	382	361	357	La Rioja	553	531	527
Cuenca	365	327	340	Huesca	405	260	356
Guadalajara,	308	263	283	Zaragoza	370	224	321
Toledo,	312	290	287	Teruel	449	311	403

Fuente: datos obtenidos de *google maps*.

Tabla a9. Matriz de tiempos de viaje (min) entre las regiones del norte y algunas regiones europeas (2015)

	Lugo	Santander	Oviedo
Oporto	197	343	277
Lisboa	354	447	421
Bruselas	946	742	843
Burdeos	469	264	366
Nantes	638	434	535
Paris	766	562	663
Ámsterdam	1060	856	957

Fuente: datos obtenidos de *google maps*

Tabla a10. Distribución municipal de los núcleos y población con accesibilidad muy mala a centros hospitalarios en Asturias en 2013

Municipio	Número de núcleos de población con accesibilidad muy mala	Población con muy mala accesibilidad a los hospitales en el municipio	Población total 2013	% de la población con muy mala accesibilidad respecto a la población total del municipio	Índice de envejecimiento del municipio 2013
Somiedo	15	1.314	1.314	100	877
Yernes y Tameza	2	168	168	100	829
Teverga	13	1.853	1.853	100	678
Peñamellera Alta	8	563	563	100	535
San Martín de Oscos	4	472	472	100	534
Pesoz	1	183	183	100	500
Grandas de Salime	7	973	973	100	487
Villanueva de Oscos	4	330	330	100	378
Peñamellera Baja	9	1.331	1.331	100	363
Santa Eulalia de oscos	1	500	500	100	357
Ribadedeva	3	1.888	1.888	100	180
Ibias	10	1.551	1.58	98,2	534
Illano	4	398	416	95,7	1,236
Taramundi	2	519	737	70,4	524
Illas	2	615	1.048	58,7	299
Caso	6	921	1.746	52,7	857
Cabranes	2	381	1.081	35,2	474
Quirós	6	438	1.291	33,9	629
Salas	9	1.664	5.578	29,8	403
Tineo	21	2.974	10.344	28,8	361
Villayón	1	353	1.43	24,7	493
Allande	7	457	1.891	24,2	550
Belmonte de Miranda	9	407	1.711	23,8	785
Onís	1	161	784	20,5	461
Boal	2	335	1.776	18,9	604
Ponga	3	125	679	18,4	594
Cabrales	3	233	2.140	10,9	372
Proaza	2	60	794	7,6	736
Llanes	4	676	13.572	5	233
Grado	9	379	10.595	3,6	253
Amieva	1	17	772	2,2	443
Vegadeo	1	89	4.045	2,2	316
Cangas del Narcea	2	100	13.878	0,7	248

Fuente: elaboración propia.

Tabla a11. Distribución municipal de los núcleos y población con accesibilidad muy mala a centros hospitalarios en Cantabria

Municipio	Número de núcleos de población con accesibilidad muy mala	Población con muy mala accesibilidad a los hospitales en el municipio	Población total 2013	% de población con muy mala accesibilidad respecto a la población total del municipio	Índice de envejecimiento del municipio 2013
Cabezón de Liébana	12	650	650	100	292
Camaleño	33	1.000	1.000	100	298
Cillorigo de Liébana	10	1.339	1.339	100	151
Peñarrubia	7	353	353	100	600
Pesaguero	10	324	324	100	363
Polaciones	12	225	225	100	1,433
Potes	2	1.452	1.452	100	209
San Pedro del Romeral	10	488	488	100	440
Tresviso	1	70	70	100	1,100
Tudanca	4	151	151	100	2,800
Vega de Liébana	17	821	821	100	463
Vega de Pas	7	808	808	100	321
Luenta	24	576	672	85,7	650
Tojos (Los)	3	284	430	66	473
Lamasón	5	145	294	49,3	992
Rionansa	6	470	1.078	43,6	689
Soba	11	549	1.305	42,1	478
Valderredible	21	379	1.008	37,6	369
Selaya	2	312	1.997	15,6	266
Arenas de Iguña	1	233	1.811	12,9	354
Miera	1	26	420	6,2	546
Santiurde de Toranzo	1	95	1.590	6	300
Cabuérniga	1	55	1.046	5,3	358
Villaverde de Trucíos	2	16	340	4,7	452
Corvera de Toranzo	2	72	2.165	3,3	196

Fuente: elaboración propia.

Tabla a12. Media (no ponderada) de reducciones en el tiempo de viaje y cambios en los indicadores de accesibilidad entre provincias españolas

	Reducción media en tiempos de viaje	Radiation	Gravity law based		
		ΔA_j^r	$\Delta RA_j;$ $\alpha = 0.5$	$\Delta RA_j;$ $\alpha = 1$	$\Delta RA_j;$ $\alpha = 2$
A Coruña	134.39	-1.0491	0.000	-0.0002	-0.0008
Albacete	75.28	-2.828	-0.0007	-0.0019	-0.0050
Alicante	95.82	0.7953	-0.0003	-0.0007	-0.0021
Almería	124.11	0.2096	-0.0001	-0.0003	-0.0010
Ávila	76.33	-1.7848	-0.0001	-0.0003	-0.0024
Badajoz	101.33	-0.2572	-0.0004	-0.0010	-0.0022
Barcelona	127.03	0.1854	0.0001	0.0002	0.0006
Bilbao	126.5	0.5898	0.0009	0.0019	0.0046
Burgos	78.55	-2.2876	0.0002	0.0001	-0.0015
Cáceres	96	0.1464	-0.0002	-0.0007	-0.0022
Cádiz	127.9	0.0196	-0.0001	-0.0002	-0.0001
Castellón	99.73	-0.3484	0.0000	0.0000	0.0007
Ciudad Real	73.4	-1.4983	-0.0007	-0.0017	-0.0046
Córdoba	95.07	0.9795	-0.0005	-0.0013	-0.0035
Cuenca	76.05	0.2039	-0.0005	-0.0015	-0.0048
Donostia/San Sebastián	114.53	1.019	0.0007	0.0017	0.0050
Girona	140.45	0.0142	0.0004	0.0012	0.0041
Granada	107.58	-2.2865	0.0001	0.0003	0.0008
Guadalajara	73.03	-16.4966	0.0010	0.0045	0.0260
Huelva	120.79	-0.001	-0.0003	-0.0005	-0.0014
Huesca	85.17	-0.6189	-0.0002	-0.0008	-0.0036
Jaén	91.92	-1.1986	-0.0002	-0.0005	-0.0012
León	81.42	-0.7358	-0.0002	-0.0005	-0.0010
Lleida	95.33	0.3275	-0.0001	-0.0003	-0.0024
Logroño	94.31	0.7769	0.0005	0.0009	0.0005
Lugo	117.97	0.6662	0.0001	0.0000	-0.0010
Madrid	71.87	0.653	-0.0001	-0.0003	-0.0005
Málaga	132.47	1.9284	0.0003	0.0005	0.0006
Murcia	93.12	-2.5383	-0.0003	-0.0008	-0.0022
Ourense	107.13	0.3211	-0.0002	-0.0006	-0.0021
Oviedo	154.49	-0.4252	0.0007	0.0011	0.0011
Palencia	73.86	0.7216	-0.0001	-0.0003	-0.0011
Pamplona	92.62	-0.1894	0.0002	0.0007	0.0020
Pontevedra	132.23	-0.0257	-0.0002	-0.0004	-0.0013
Salamanca	72.19	0.6063	-0.0003	-0.0007	-0.0019
Santander	132.42	1.7683	0.0009	0.0016	0.0021
Segovia	75.78	2.5483	0.0010	0.0033	0.0126
Sevilla	114.21	-0.1168	-0.0002	-0.0004	-0.0010
Soria	74.3	0.4207	0.0000	-0.0001	-0.0009
Tarragona	97.74	-0.155	0.0000	0.0002	0.0008
Teruel	77.32	0.5382	-0.0002	-0.0005	-0.0013
Toledo	71.36	40.9678	-0.0003	-0.0009	-0.0056
Valencia	88.37	-1.035	-0.0003	-0.0008	-0.0018
Valladolid	66.94	-2.3735	-0.0004	-0.0011	-0.0033
Vitoria-Gasteiz	91.7	-0.4962	0.0006	0.0017	0.0062
Zamora	76.09	-1.8153	-0.0003	-0.0009	-0.0023
Zaragoza	83.12	0.646	0.0000	-0.0002	-0.0017

Fuente: elaboración propia.

Estimación del calibrador de alfa

Chen (2015) estudia los parámetros de un modelo de gravedad para el caso de la economía china a través de los flujos de movimientos de mercancías según la siguiente ecuación

$$\ln T_{ij} = \ln K + uP_{i+} + vP_j - \sigma \ln r_{ij}$$

$$\ln T_{ji} = \ln K + vP_{i+} + uP_j - \sigma \ln r_{ij}$$

$$\ln(T_{ji} T_{ij}) = 2\ln K + (u + v)\ln P_{i+} + (u + v)\ln P_j - 2\sigma \ln r_{ij}$$

Tomando esta misma fórmula y considerando el cálculo en flujos de *commuting* en lugar de flujo de mercancías, en el caso de la economía asturiana se puede asumir que T_{ji} son los desplazamientos según el censo del municipio j a i (gente del municipio j que trabaja en i), T_{ij} son los desplazamientos según el censo del municipio i a j (gente del municipio i que trabaja en j), P_i es la población en i y P_j la población en j y r_{ij} es el tiempo de desplazamiento entre los municipios se puede calibrar el valor de los parámetros alfa.

Tabla a13. Población asturiana según lugar de residencia y de trabajo (censo 2011)

		Municipio de trabajo							
		Avilés	Castrillón	Gijón	Langreo	Mieres	Oviedo	Siero	Total Asturias
Municipio residencia	Avilés	28.368	1.232	2.495	106	215	3411	499	40.752
	Castrillón	3.546	5.309	603	13	53	814	172	11.923
	Gijón	3.557	218	110.058	1.327	875	9287	2.010	137.495
	Langreo	434	0	1.152	12.740	426	1998	682	19.625
	Mieres	124	16	464	355	11.916	2422	372	17.065
	Oviedo	1.911	130	4.454	.1988	2.050	95424	5.932	123.890
	Siero	415	12	1.683	379	300	6417	13.747	26.882
	Total	44.341	7.439	128.976	19.241	18.098	13.4086	26.277	524.061

Fuente. elaboración propia a partir de datos del censo 2011

Conocidos los datos de commuting entre los principales municipios asturianos y los tiempos de viaje resultantes del trabajo realizado en el capítulo 4 se puede hacer la estimación de los valores de los parámetros a través de una estimación de mínimos cuadrados ordinarios que arroja los siguientes resultados (tabla a14).

Tabla a14. Estimación de los parámetros de un modelo de gravedad según los datos del censo 2011 (Asturias)

Variable dependiente: l_{Tij}

	<i>Coefficiente</i>	<i>Desv. Típica</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Valor p</i>	
const	-14.8438	3.0769	-4.8242	0.00002	***
l_{Pi}	1.0182	0.1626	6.2610	<0.00001	***
l_{Pj}	1.4538	0.1613	9.0143	<0.00001	***
l_{rij}	-2.06547	0.3332	-6.1992	<0.00001	***

Fuente. elaboración propia a partir de datos del censo 2011

Según este el valor del calibrador sería aproximadamente 1.7.
 $= 2 * (2.06547) / (1.01820 + 1.45384) = 1.7$

El censo de 2001 ofrece datos para todos los municipios asturianos, no sólo para los municipios de más de 20.000 personas.

Si se toman los valores del censo 2001

Tabla a15. Estimación de los parámetros de un modelo de gravedad según los datos del censo 2001 (Asturias)

	<i>Coefficiente</i>	<i>Desv. Típica</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Valor p</i>	
const	-3.4892	0.3915	-8.9119	0.00002	***
l_{Pi}	0.4970	0.0235	21.113	<0.00001	***
l_{Pj}	0.6722	0.0240	27.9241	<0.00001	***
l_{rij}	-1.2299	0.0496	-24.7686	<0.00001	***

Fuente. elaboración propia a partir de datos del censo 2001

Según esto el valor del calibrador sería: $2 * (1.2299) / (0.4970 + 0.6722) = 2.10$