



UNIVERSIDAD DE CASTILLA – LA MANCHA

Departamento de Administración de Empresas

Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales Albacete

TESIS DOCTORAL

**Factores determinantes de la siniestralidad vial.**

**Influencias y repercusiones económicas**

DOCTORANDA

María Pilar Sánchez González

DIRECTORES

Dr. D. Francisco Escribano Sotos

Dr. D. Ángel Tejada Ponce

Albacete, 2019







*A Jesús, mis padres Blas y Andrea y Estela*

*Gracias*



# AGRADECIMIENTOS

---



En el final de este camino, en el que ha llegado la hora de agradecer a todas aquellas personas que han sido una parte esencial para alcanzarlo, tengo que reconocer lo afortunada que soy como ser humano. No solamente por conseguir la lejana meta propuesta hace casi cinco años, sino por el gran número de personas a las que tengo que decir “gracias”. Ello me ha hecho ser consciente del cariño y amor de los que constantemente estoy rodeada, por lo que, como bien dice esa canción que tanto escucho, ¡gracias a la vida!

Gracias a todas las personas que conforman el Área de Contabilidad de la Universidad de Castilla – La Mancha. En primer lugar, a todos mis compañeros del Área de Contabilidad de Albacete, a cada uno de ellos, gracias por dedicarme su tiempo. En estos casi ocho años, todos ellos han sido un referente para mí como docentes, como investigadores y como personas. Quiero agradecer en especial a mi compañero de despacho Julián, quien muchas tardes ha escuchado mis quejas, mis agobios y cuya compañía en esos momentos complicados ha sido una bendición para mí.

Gracias a los compañeros del Área de Contabilidad del resto de campus de la Universidad de Castilla-La Mancha. Aunque no coincida con ellos todo lo que deseo, siempre que lo he hecho han tenido un mensaje de apoyo para mí. Gracias en particular a Jesús Santos, que siempre ha estado preocupado por saber y ayudar a esta humilde investigadora en sus primeros pasos en la investigación.

Gracias a todos aquellos compañeros, tanto de la Facultad de Económicas y Empresariales de Albacete como de otros centros, interesados en conocer cómo me encontraba y darme un aliento de energía para seguir adelante.

Gracias, gracias y gracias a mis dos directores de Tesis Doctoral, Francisco Escribano Sotos y Ángel Tejada Ponce. Cada vez que recuerdo todo el camino andado, me doy cuenta de que todo lo que he logrado ha sido, en gran parte, a ellos. A Paco, por confiar en mí como investigadora, por aceptar recorrer esta etapa de mi vida con Ángel y conmigo y por proporcionarme esa perfecta serenidad de la que adolezco en muchos momentos. A Ángel, por apostar por mí para consolidarme como profesora del área y creer como investigadora, por aportarme la dosis de energía perfecta en todos aquellos momentos que lo he necesitado. Quiero pedirles disculpas por todas las preocupaciones que les he causado, por mis inseguridades y por mis errores. Su esencia es extraordinaria y sin duda ambos se han ganado un gran lugar en mi corazón no solo como directores sino como amigos. Les agradezco con ese corazón en la mano que siempre hayan confiado en mí, incluso cuando yo ya había dejado de hacerlo: sin duda son el tándem perfecto para seguir en mi vida universitaria, ¡tengo tanto que aprender de ellos!

Gracias a la profesora Josiane Bonnefoy por permitirme realizar la estancia de investigación en la Escuela de Salud Pública de la Universidad de Chile. Su trato durante los tres meses y medio fue excepcional, el acogimiento en su institución supuso un gesto de generosidad enorme. Esta oportunidad para mí fue un regalo de la vida, como bien me dice siempre una gran persona, no solo por mejorar mi formación investigadora sino también por la familia internacional que dejé en Santiago de Chile. Gracias también a todos ellos por ser mi familia allí durante mi estadía y seguir siéndolo aquí en mi corazón.

Indudablemente, la tesis doctoral es el resultado del trabajo y apoyo constante de personas ajenas al mundo académico. Por ello, gracias a todos mis conocidos y a mis amigos. En muchas ocasiones, han tenido que sufrir conversaciones ajenas a sus mundos personales y laborales, pero siempre han estado dispuestos a escucharme y apoyarme y sé de buena tinta que están orgullosos de mí. Siempre se dice que los amigos son la familia que se elige y yo tengo los mejores amigos que podía tener.

A pesar de formar parte de mi entorno laboral, quiero que quede constancia del enorme agradecimiento a cuatro personas que forman parte de mi vida personal desde que me incorporé al ámbito universitario allá por el año 2005. Sin duda, todo lo logrado no habría sido posible sin ellos en mi vida: Mar López Pérez, Ángel Tejada Ponce, José Baños Torres y Francisco Escribano Sotos, ¡qué cuatro grandes personas!

Mar, tengo que agradecerte tanto... gracias por tu apoyo incondicional en esta etapa de mi vida, gracias por creer en mí siempre, cuando he obtenido recompensas con el trabajo y cuando he fracasado, porque esa es la mejor definición de amistad que ambas conocemos, gracias por hacer que mi día a día sea divertido, aunque algunos de esos días hayan sido tristes, gracias por permitirnos a mi familia y a mí conocerte como persona... gracias por formar parte de mi vida.

Ángel, cuelgas el traje de "jefe" cuando sales de la facultad y me concedes el privilegio de conocerte como amigo, esa generosidad es un gran regalo para mí, gracias por ello. Gracias de corazón por compartir instantes de la vida maravillosos como esos vinos fuera de esas paredes en los que siempre acabamos riendo, generalmente originados por el nivel de esa locura necesaria que en ocasiones alcanzo... gracias por formar parte de mi vida.

Pepe, gracias por tu apoyo, por tu preocupación y por tener siempre las palabras adecuadas para mí. Lo que más admiro de ti son tu lealtad y franqueza con las personas que quieres, sin duda alguna eres para mí un modelo a seguir como amigo. Esa lealtad y esa franqueza

que me has demostrado me indica la gran amistad que hay entre nosotros ¡a pesar de separarnos solamente un despacho!... gracias por formar parte de mi vida.

Paco, gracias por darme la posibilidad de conocerte no sólo como director sino también como amigo. Aunque tengo que reconocer que algunas veces me he planteado si merecía la pena este sacrificio, desde luego tan solo por llevarte en mi mochila de amigos, el esfuerzo ha merecido la pena. Gracias por cada una de las palabras bonitas que siempre has tenido para mí... gracias por formar parte de mi vida.

A mi familia, ese núcleo de personas que transitan en esta etapa junto a mí y que son los que, sin comprender muchas veces el sentido de este trabajo, habéis llorado junto a mí tanto en los fracasos como en las victorias. A todos, sin distinción ni menciones, gracias. Porque cada uno de vosotros habéis contribuido a este logro, porque sé que todos estáis orgullosos de “la María” ... porque somos familia, en lo bueno y en lo malo. Aquellos que ya no estáis, a pesar de que la vida no os ha permitido ver físicamente Doctorada a vuestra nieta como sí pudisteis hacerlo cuando se licenció, sabéis vuestro papel en esta andadura, especialmente en la fuerza que os he pedido cuando ha habido baches en el camino. Allá donde estéis, gracias.

A Blas y Andrea, mis padres, las personas más luchadoras que conozco y dos de mis pilares, gracias. Siempre, siempre y siempre me habéis aconsejado correctamente, apoyando todas y cada una de mis decisiones. Vuestros sacrificios económicos y, principalmente, emocionales me han permitido llegar hasta donde estoy. Por ello, gracias, gracias y gracias... me falta tiempo, espacio y lugar para agradecer todo el esfuerzo que ambos habéis destinado a conseguir que mi hermana y yo tengamos un futuro mejor que el que vosotros no pudisteis tener. Mamá, papá, gracias por sacrificar vuestro tiempo para permitirnos las mejores posibilidades académicas. Después de este agradecimiento, debo pedir os disculpas por el sufrimiento causado, por las preocupaciones que os he dado durante toda mi etapa académica en conjunto, por las malas contestaciones, por todo el tiempo que no he podido dedicaros como vosotros os merecéis. Sin duda, si algún día soy madre solamente espero que mis hijos se sientan igual de orgullosos que yo me siento de vosotros.

A Estela, la persona por la que lloré por primera vez al cruzar la puerta de la habitación del hospital, gracias por todo es decir poco. Agradezco que existas en mi vida, que hayas tenido un papel esencial en este proceso, que siempre hayas sentido orgullo por tu “tata”, tus mensajes de ánimo siempre me lo han demostrado, y que jamás hayas dudado de mi capacidad para enfrentarme a ello. Gracias por tu confianza y por ser uno de los motores de mi existencia. Espero poder acompañarte en todos tus proyectos de la misma manera que tú siempre lo has hecho

conmigo. Te pido disculpas por no acompañarte en el inicio de tu vida universitaria, sé que fueron momentos complicados para ti y para los papás, pero sé que tú, mejor que nadie, comprendes que una Tesis Doctoral no sólo es un sacrificio para la persona que la hace. Sabes que siempre me tendrás para ayudarte a conseguir tus sueños, porque como nosotras decimos ¡siempre juntas!

A Jesús, mi cuarto pilar, mi compañero, mi mitad... gracias. Aunque nuestro proyecto personal comenzó hace casi once años, nuestro proyecto de vida en común se inició a la vez que esta investigación, ¡Qué cinco años! Has aguantado todo este proceso de una manera extraordinaria. En muchas ocasiones, esta etapa ha sacado lo peor de mí contigo, y ahí has estado callado, aguantando, sin hacer ni un solo reproche. Gracias por toda la ayuda prestada, por esas noches dictando y comprobando datos que no tenían errores, por confiar en mí siempre, por apoyar todas y cada una de mis decisiones, sin considerar qué consecuencias tenían. Siento todo el tiempo que he dejado de invertir en nuestra relación, todas esas noches de trabajo, agobios, desvelos, preocupaciones o lloros. Aun así, todo ello ha servido para reforzarnos como marido y mujer, como familia. Estamos en condiciones de confirmar que para nosotros esta Tesis Doctoral se relaciona positivamente con nuestro amor. Gracias por todos los años dedicados y por todos los que quedan por venir, te quiero.

# RESUMEN

---



## RESUMEN

Los trabajos científicos junto con los trabajos de divulgación a nivel mundial definen los accidentes como uno de los grandes problemas de salud pública del presente siglo. Primera causa de mortalidad entre la población joven y con una mayor repercusión para las naciones con un nivel de desarrollo más bajo. Los accidentes de tráfico se extienden a lo largo de todo el mundo como si de una epidemia se tratase, con una carga económica, sanitaria y social abrumadora para las naciones de todo el mundo. El avance de las sociedades ha provocado que la demanda de seguridad vial crezca exponencialmente, por lo que las naciones se enfrentan continuamente a un complejo problema de salud pública en el que interactúan multitud de factores.

La presente Tesis Doctoral presenta una serie de trabajos en los que se pretende averiguar las causas que modifican el riesgo de fallecer o sufrir lesiones en España y Chile, dos países con un nivel de desarrollo económico diferente y, por tanto, con necesidades diferentes, pero en los cuales durante el período analizado 1999-2017 ha habido modificación normativa tratando de reducir los niveles de siniestralidad. Las construcciones de completas bases de datos y las metodologías aplicadas a estas permiten, por un lado, conocer los factores determinantes de los riesgos de mortalidad y lesividad en España y Chile y, por otro lado, averiguar los beneficios económicos conseguidos tras la implantación del permiso de conducción por puntos empleando un análisis-coste beneficio.

Los hallazgos encontrados en las diversas publicaciones incluidas en la presente Tesis Doctoral revelan que la efectividad de factores importantes como los legislativos (permiso de conducción por puntos) o infraestructurales (inversión en reposición y construcción) puede ser cuestionada, planteando la necesidad de revisión por parte de las autoridades para continuar la lucha contra la siniestralidad vial. El nivel de desarrollo económico de las provincias españolas no sólo adquiere el carácter de factor determinante de la siniestralidad vial, sino que posee una capacidad caracterizadora sobre el resto de los factores explicativos de los accidentes de tráfico.

Es importante en la batalla contra los siniestros viales ser conscientes de la incidencia que las condiciones específicas provinciales o regionales tienen sobre el riesgo de fallecer o sufrir lesiones por choques viales. Por ello, la comunidad científica debe preocuparse por aportar un mayor conocimiento sobre estas relaciones.

Por último, la capacidad de los análisis coste-beneficio para proporcionar respuestas a problemas de salud pública como los accidentes de tráfico deben ser considerados por la comunidad científica. Es indispensable la valoración de las políticas públicas para una sociedad que cada día es más exigente.



# ÍNDICE

---

INTRODUCCIÓN .....	25
I.1 Introducción.....	27
I.2 Justificación.....	29
I.3 Objetivos.....	33
I.4 Estructura de la Tesis .....	35
CAPÍTULO I. MARCO METODOLÓGICO .....	37
1.1. Introducción.....	39
1.2. Estado del arte .....	39
1.3. Diseño de la investigación, población de estudio y variables .....	44
1.4. Metodología aplicada .....	56
1.4.1. Modelos de datos de panel.....	56
1.4.2. Indicadores de ahorro y análisis clúster .....	65
1.5. Conclusiones .....	72
CAPÍTULO II. FACTORES DETERMINANTES DE LA SINIESTRALIDAD VIAL .....	73
2.1. Introducción.....	75
2.2. Factores determinantes de la siniestralidad vial en España.....	75
2.2.1. Determinantes del riesgo de fatalidad y lesividad en España .....	76
2.2.2. Distribución geográfica del riesgo de fatalidad y lesividad en España .....	80
2.3. Factores determinantes de la siniestralidad vial en Chile .....	86
2.3.1. Factores determinantes del riesgo de fatalidad y lesividad en Chile .....	87
2.3.2. Distribución geográfica del riesgo de fatalidad y lesividad en Chile.....	89
2.4. Conclusiones .....	92
CAPÍTULO III. DESIGUALDAD INTERTERRITORIAL Y ACCIDENTES DE TRÁFICO EN ESPAÑA.....	95
3.1. Introducción.....	97
3.2. Nivel de desarrollo económico y determinantes de la siniestralidad vial .....	100
3.2.1. Determinantes del riesgo de fatalidad y lesividad .....	100

3.2.2. Distribución geográfica del riesgo de fatalidad y lesividad.....	106
3.3. Conclusiones.....	113
CAPÍTULO IV. AHORROS DE COSTES PROVINCIALES EN LOS ACCIDENTES VIALES EN ESPAÑA..	115
4.1. Introducción.....	117
4.2. Ahorro de costes en las provincias españolas estratificadas aplicando un análisis clúster	118
4.3. Conclusiones.....	126
CAPÍTULO V. LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN .....	129
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES .....	135
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	141
ANEXOS.....	155
PUBLICACIONES REFERENTES A LOS CAPÍTULOS I Y II.....	157
PUBLICACIONES REFERENTES AL CAPÍTULO III .....	197
PUBLICACIONES REFERENTES AL CAPÍTULO IV .....	245

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro I. 1. Principales indicadores de siniestralidad vial en vías interurbanas españolas .....	31
Cuadro I. 2. Principales indicadores de siniestralidad vial en vías rurales chilenas .....	31



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Dendograma obtenido con el análisis clúster.....	69
Figura 2.1. Tasa de mortalidad resultante de las características específicas de cada una de las provincias (similar término autorregresivo).....	81
Figura 2.2. Tasa de mortalidad resultante de las características específicas de cada una de las provincias (diferente término autorregresivo).....	82
Figura 2.3. Tasa de lesividad grave resultante de las características específicas de cada una de las provincias (similar término autorregresivo).....	83
Figura 2.4. Tasa de lesividad grave resultante de las características específicas de cada una de las provincias (diferente término autorregresivo).....	84
Figura 2.5. Tasa de lesividad leve resultante de las características específicas de cada una de las provincias (similar término autorregresivo).....	84
Figura 2.6. Tasa de lesividad leve resultante de las características específicas de cada una de las provincias (diferente término autorregresivo).....	85
Figura 2.7. Tasas de mortalidad y de lesividad grave debido a las características específicas de cada región.....	90
Figura 2.8. Tasas de lesividad menos grave y de lesividad leve debido a las características específicas de cada región.....	91
Figura 3.1. Relación entre el nivel de desarrollo económico y el riesgo de mortalidad en las provincias españolas .....	98
Figura 3.2. Relación entre el nivel de desarrollo económico y el riesgo de lesividad grave en las provincias españolas .....	98
Figura 3.3. Relación entre el nivel de desarrollo económico y el riesgo de lesividad leve en las provincias españolas .....	99
Figura 3.4. Tasa de mortalidad en las provincias de renta per cápita baja (RPCB) y renta per cápita alta (RPCA) debido a características específicas de las provincias (similar término autorregresivo) .....	107

Figura 3.5. Tasa de mortalidad en las provincias de renta per cápita baja (RPCB) y renta per cápita alta (RPCA) debido a características específicas de las provincias (diferente término autorregresivo) .....	108
Figura 3.6. Tasa de lesividad grave en las provincias de renta per cápita baja (RPCB) y renta per cápita alta (RPCA) debido a características específicas de las provincias (similar término autorregresivo) .....	109
Figura 3.7. Tasa de lesividad grave en las provincias de renta per cápita baja (RPCB) y renta per cápita alta (RPCA) debido a características específicas de las provincias (diferente término autorregresivo) .....	109
Figura 3.8. Tasa de lesividad leve en las provincias de renta per cápita baja (RPCB) y renta per cápita alta (RPCA) debido a características específicas de las provincias (similar término autorregresivo) .....	110
Figura 3.9. Tasa de lesividad leve en las provincias de renta per cápita baja (RPCB) y renta per cápita alta (RPCA) debido a características específicas de las provincias (diferente término autorregresivo) .....	111
Figura 4.1. Proporción que representa el ahorro medio anual de costes por habitante sobre el coste medio anual por habitante.....	123
Figura 4.2. Proporción que representa el peso del ahorro medio anual sobre el PIB respecto al peso del coste medio anual sobre el PIB.....	124
Figura 4.3. Proporción que representa el ahorro medio anual por MVKR sobre el coste medio anual por MVKR.....	124

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Principales descriptivos de las variables usadas en el análisis empírico vinculado al objetivo I.....	48
Tabla 1.2. Principales descriptivos de las variables usadas en el análisis empírico vinculado al objetivo II.....	49
Tabla 1.3. Grupos de provincias definidos en base al nivel de desarrollo económico asociados al objetivo III.....	54
Tabla 1.4. Principales descriptivos de las variables usadas en el análisis empírico vinculado al objetivo III.....	55
Tabla 1.5. Pruebas iniciales aplicadas a los modelos iniciales estimados construidos (objetivo I) .	58
Tabla 1.6. Pruebas iniciales aplicadas a los modelos iniciales estimados construidos (objetivo II)	59
Tabla 1.7. Pruebas iniciales aplicadas a los modelos iniciales estimados construidos (objetivo III)	60
Tabla 1.8. Modelos econométricos construidos (objetivo I) .....	63
Tabla 1.9. Modelos econométricos construidos (objetivo II) .....	64
Tabla 1.10. Modelos econométricos construidos para cada grupo de provincias (objetivo III) .....	65
Tabla 1.11. Tasas medias de mortalidad, lesividad grave y lesividad leve provinciales en 2000-2005 y 2006-2014.....	66
Tabla 1.12. Composición y características de los clústeres de provincias.....	71
Tabla 2.1. Resultados de las estimaciones (efectos fijos corregidos con errores estándar corregidos para panel, PCSE) asumiendo similar término autorregresivo (A) y diferente término autorregresivo (B) .....	77
Tabla 2.2. Resultados de las estimaciones (efectos fijos corregidos con errores estándar corregidos para panel, PCSE) .....	88
Tabla 3.1. Regresión multivariante del riesgo de mortalidad, lesividad grave y lesividad leve (estructura común AR 1) .....	103
Tabla 3.2. Regresión multivariante del riesgo de mortalidad, lesividad grave y lesividad leve (estructura específica-panel AR1).....	104

Tabla 4.1. Resultados de los indicadores de ahorro de costes del conjunto de las provincias..... 119

Tabla 4.2. Indicadores de ahorro de costes de las provincias estratificadas..... 122

# INTRODUCCIÓN

---



## I.1 Introducción

El progreso de las sociedades acaecido desde principios del siglo XX se erige como uno de los principales propulsores de las transformaciones sociales relacionadas con los patrones de desplazamiento en todos los países. Esta evolución de las sociedades ha promovido un escenario cambiante en las necesidades de las personas, caracterizando la demanda de transporte de estas hacia un uso habitual de la infraestructura y los sistemas de transporte de los países. Así, la generalización del uso de los vehículos como medio de transporte producida en los dos últimos siglos lo definen como un instrumento esencial en la vida cotidiana de las personas.

Es incuestionable la importancia que adquiere el conjunto de transformaciones sociales que caracteriza la demanda y, por tanto, el desarrollo de los sistemas de transporte para los países. Es fácil intuir que esos cambios han generado en ellos la necesidad de disponer de infraestructuras de transporte desarrolladas, con diseños que sean capaces de absorber el crecimiento exponencial de las necesidades de desplazamiento de sus habitantes. La infraestructura vial se ha convertido en una eficaz herramienta para potenciar tanto la comunicación como el desarrollo económico de los países, constituyéndose como principal agente de expansión favorecedor del crecimiento empresarial.

El progresivo incremento del nivel de motorización, vinculado al progreso de la sociedad, ha promovido un acceso “universal” a la propiedad y al uso del vehículo, induciendo cambios importantes en las necesidades de desplazamiento de las personas. El vehículo les brinda la posibilidad de desarrollarse, concediéndoles la capacidad de movilidad aplicada tanto al ámbito personal como laboral. Por ello, el desarrollo de los sistemas de transporte y el uso del vehículo son concebidos como motores esenciales para los estados, reportando importantes beneficios para las personas físicas, jurídicas y entes públicos.

Aunque no puede negarse el gran papel de la infraestructura vial para el crecimiento económico y social de los países, su impacto positivo tiene su cara contrapuesta en los costes humanos, sociales y económicos ligados a los accidentes de tráfico. Las consecuencias de estos se traducen en víctimas, lesiones, incapacidades y sufrimiento, suponiendo una carga considerable para la salud pública de las sociedades.

Los siniestros viales constituyen uno de los problemas de salud pública con mayor incidencia, siendo la primera causa de mortalidad entre la población más joven en los países más desarrollados, por lo que la pérdida de vida prematura significa una pérdida irreparable y cuantiosa, constituyendo un freno al desarrollo económico de las naciones. Por ello, el decisor

político está obligado a esforzarse continuamente durante su mandato para conseguir, con una limitación de los recursos financieros, definir la política vial con la mayor precisión posible para tratar de conseguir los mejores resultados. La interrelación de las consecuencias de los siniestros viales con las fuerzas de seguridad o los sistemas sanitario y judicial generan tensiones financieras que deben ser consideradas por el decisor político, evidenciando, por tanto, su complejidad como problema de salud pública. Conviene señalar que, si bien son los decisores políticos los que determinan el destino de las inversiones en seguridad vial y, entre ellas, las mejoras en los sistemas de transporte e infraestructura vial, la competencia más directa en seguridad vial es de los usuarios, puesto que su comportamiento es un factor clave en la seguridad vial.

La consideración de las repercusiones de los accidentes de tráfico sobre los usuarios de las vías públicas permite constatar la lacra que estos suponen para la sociedad. Al enorme sufrimiento por la pérdida de una vida humana, la incapacidad o la recuperación por una lesión, se unen las secuelas psicológicas, sociales y económicas para el/la accidentado/a y la familia. La pérdida de vida humana ocasiona en las familias una alteración en su capacidad económica provocada por las bajas laborales.

La pérdida de la capacidad productiva de los/las trabajadores/as representa un coste considerable para las entidades empresariales, cuya cadena de producción o actividad pueden verse interrumpidas, incidiendo en su capacidad productiva en conjunto. A este coste se deben añadir, por un lado, el coste asociado a los días de baja y las cotizaciones sociales que deben ser sufragados sin una contrapartida laboral por parte del trabajador y, por otro lado, todos los costes de reparación o primas de seguros de los vehículos de su propiedad.

La multiplicidad del efecto de los siniestros viales en las diferentes esferas de la sociedad justifica que actualmente la siniestralidad vial ocupe un lugar principal en la agenda política en la mayor parte de los países. Sin embargo, no es hasta los años 90 cuando se empieza a discernir por parte de los gobiernos y de la sociedad la necesidad de reducir los fallecimientos y lesiones en accidentes viales. Al contrario del pensamiento común, estos no son un problema de salud pública fortuito, producto del azar, sino que cada vez más los expertos señalan que son problemas de salud controlables, evitables y cuyas consecuencias son prevenibles. Por ello, la ciudadanía debe ser crítica y hacer un acto de reflexión preguntándose por qué se asume el número de víctimas en accidentes de tráfico si son prevenibles. A este respecto, son muchas las voces que señalan que el hecho de producirse de forma lenta es lo que origina que no se comprenda la magnitud de este problema para la sociedad.

Se produce cierto paralelismo entre sociedad y demanda de seguridad vial, siendo las sociedades más avanzadas las que mayores esfuerzos dedican a advertir a las autoridades de la necesidad de trabajar para evitar que se produzcan los siniestros viales. Por ello, es preciso para las naciones que todos los niveles de autoridad junto con la comunidad científica trabajen conjuntamente para obtener un mayor conocimiento que permita ganar la batalla a los accidentes de tráfico, empleando modelos epidemiológicos que permitan identificar los factores que intervienen en ellos.

## I.2 Justificación

Actualmente, las muertes y lesiones originadas por los accidentes de tráfico son consideradas uno de los principales problemas de salud pública a nivel mundial. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) en sus Informes sobre la Seguridad Vial presentados en 2009 y 2013, los siniestros viales ocasionan más de un millón de muertos en todo el mundo anualmente (WHO, 2009; WHO, 2013). Además, estos informes evidencian que cada año entre veinte y cincuenta millones de personas en todo el mundo sufren lesiones o traumatismos causados por este problema (WHO, 2009; WHO, 2013). Un gran número de esas muertes y lesiones se producen en países con niveles de ingresos bajos o medios, principalmente debido a la rápida motorización que experimentan. En la actualidad, los accidentes de tráfico suponen la octava causa de muerte mundial, siendo los grupos de edades más vulnerables los comprendidos entre los 15 y 29 años. Por ello, si no se lleva a cabo un esfuerzo intenso en reducirlos, diversas corrientes apuntan a que en 2030 se convertirán en la quinta causa de muerte a nivel mundial (WHO, 2013).

Con estas cifras no es de extrañar que sean muchas las voces que reivindican que los accidentes de tráfico son un problema de salud pública al que se debe prestar especial atención (WHO, 2004; Plasència y Cirera, 2003). Organismos como el Banco Mundial, las Naciones Unidas y la OMS han realizado diversos informes con el objetivo de mostrar la magnitud de este problema y proponer medidas para conseguir solucionarlo en un futuro (WHO, 2004). Su importancia no radica únicamente en los problemas de salud pública que ocasiona, sino también en las repercusiones sobre el sistema económico y social de los países. La trascendencia de dichas repercusiones no sólo es evidenciada por la comunidad científica como objeto de estudio de sus investigaciones (Alfaro et al., 1994; Gómez-Restrepo et al., 2014; López Bastida et al., 2004; Shen y Neyens, 2015), sino también por los grandes esfuerzos dedicados por los países a la lucha contra la siniestralidad vial en las últimas décadas. Así, los estados miembros de la ONU han elaborado

un Plan Global para el Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011–2020 y en 2015 han incorporado en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible el objetivo de reducir un 50% el número de muertes y lesiones en accidentes de tráfico en 2020 (WHO, 2015).

España y Chile, como estados miembros de la ONU, han trabajado para mejorar la siniestralidad vial en sus vías interurbanas. La elección de ambos países como referencia para estudiar la siniestralidad vial en este trabajo radica en la siguiente justificación.

En primer lugar, se ha elegido España intentado que nuestras investigaciones sean de utilidad a la hora de definir las políticas públicas y puedan ser un elemento de referencia para resolver los asuntos relacionados con la distribución de recursos en nuestra sociedad. En este contexto, en nuestro país se han llevado a cabo diversos planes estratégicos para mejorar la seguridad vial y pretendíamos analizar su eficacia en la evolución de los accidentes de tráfico, así como en los costes asociados a los mismos, tomando como referencia temporal disruptiva para nuestros análisis la implementación de una de las medidas de seguridad vial más significativas en los últimos años en España, como es el permiso de conducción por puntos. Se considera que conocer los factores que intervienen en los accidentes de tráfico, así como cuantificar los beneficios económicos suscitados por las actuaciones orientadas a mejorar la seguridad vial es básico para definir y controlar cualquier política pública en el ámbito de cualquier análisis coste-beneficio que deberían acompañar a las mismas.

En segundo lugar, una vez iniciada la línea de investigación en España se amplió el ámbito territorial a Chile puesto que este trabajo que se presenta pretende obtener la mención de “Doctorado Internacional”. En la Universidad de Castilla-La Mancha, de acuerdo con las directrices de la Escuela Internacional de Doctorado, las Tesis Doctorales podrán obtener dicha mención si cumple, entre otros, con el siguiente requisito: “Que, durante el periodo de formación necesario para la obtención del título de doctor, el doctorando haya realizado una estancia mínima de tres meses fuera de España en una institución de enseñanza superior o centro de investigación de prestigio, cursando estudios o realizando trabajos de investigación”.

En mi caso concreto, he realizado mi estancia formativa en la Escuela de Salud Pública de la Universidad de Chile. Durante esta estancia pude recoger información necesaria para poder ampliar la línea de investigación que estábamos desarrollando ya en España hacia Chile, analizando cuáles son los factores determinantes de la siniestralidad vial en dicho país.

En el año 2015 se produjeron en las vías interurbanas de España 34.558 accidentes con víctimas, con unas consecuencias de 1.248 muertos, 4.744 heridos graves y 48.036 heridos leves, lo que repercute negativamente en el desarrollo y la salud pública del país. Ajustando por riesgo

de exposición, por cada 100 millones de vehículos-kilómetros recorridos (MVKR) fallecieron 0,54 personas, 2,06 resultaron heridas gravemente y 20,81 sufrieron heridas leves. Aunque España debe continuar su lucha contra la siniestralidad vial, estas cifras son un gran avance respecto a las obtenidas en 1999, con una reducción del 78%-80% de los riesgos de mortalidad y lesividad grave y un 20% el riesgo de lesividad leve (Cuadro I.1).

Cuadro I. 1. Principales indicadores de siniestralidad vial en vías interurbanas españolas

INDICADOR DE SINIESTRALIDAD	1999	2015	VARIACIÓN 1999-2015
Fallecidos <sup>1</sup>	4.709	1.248	↓73%
Heridos graves	21.309	4.744	↓78%
Heridos leves	52.849	48.036	↓9%
Tasa de fallecidos <sup>1</sup> por cada 100 millones de vehículos-kilómetros recorridos	2,3	0,54	↓78%
Tasa de heridos graves por cada 100 millones de vehículos-kilómetros recorridos	10,4	2,06	↓80%
Tasa de heridos leves por cada 100 millones de vehículos-kilómetros recorridos	26,1	20,8	↓20%

<sup>1</sup> Definición de la Convención de Viena

Cuadro I. 2. Principales indicadores de siniestralidad vial en vías rurales chilenas

INDICADOR DE SINIESTRALIDAD	2000	2017	VARIACIÓN 2000-2017
Fallecidos <sup>1</sup>	1.183	1.183	0%
Heridos graves	2.358	2.518	↑7%
Heridos menos graves	1.690	1.449	↓14%
Heridos leves	6.895	12.899	↑87%
Tasa de fallecidos <sup>1</sup> por 1000 vehículos	0,556	0,228	↓59%
Tasa de heridos graves por 1000 vehículos	1,108	0,485	↓56%
Tasa de heridos menos graves por 1000 vehículos	0,795	0,279	↓65%
Tasa de heridos leves por 1000 vehículos	3,215	2,485	↓22%

<sup>1</sup> Definición de la Convención de Viena

Al igual que España, Chile ha trabajado durante las dos últimas décadas para erradicar los accidentes de tráfico, principal causa de muerte en niños y en jóvenes de hasta 29 años. Si bien es cierto que Chile es uno de los países iberoamericanos con mejores indicadores de seguridad vial, el riesgo de morir en sus vías es muy superior al de los países de la OCDE (Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito, 2017). En 2017, se produjeron 15.335 siniestros viales en las vías rurales chilenas, lo que ocasionó, por cada 1.000 vehículos registrados, una tasa de mortalidad de 0,228

muerdos (Cuadro I.2) y una tasa de lesividad de 3,249 lesionados (graves, menos graves y leves en conjunto). El alcance de estas cifras, que supone reducciones del 59% y 36,5% respecto a las tasas del año 2000, está vinculado a una convergencia entre los niveles de siniestralidad vial regionales durante la primera década del siglo XXI (Nazif-Muñoz et al., 2014, 2015).

La reducción de las tasas de mortalidad y lesividad experimentada en ambos países no ilustra las diferencias existentes en la accidentalidad vial de sus provincias. A pesar de los avances logrados en seguridad vial por España y Chile, los accidentes de tráfico aún representan para ambos un gran problema de salud pública, con desigualdades existentes entre las provincias españolas o las regiones chilenas. Por ejemplo, en España el número de muertos por cada 100 MVKR en 2015 varió desde 0,29 en Madrid a 1,27 en Lleida, el número de heridos graves por 100 MVKR se situó en el rango de 0,77 (Madrid) a 4,76 (Lleida) y el de heridos leves por cada 100 MVKR estuvo entre 5,48 (Zamora) y 36,48 (Barcelona). En el caso de Chile, el número de muertos por cada 1.000 vehículos en 2017 varió desde 0,055 en la Región Metropolitana a 0,626 en la Región de La Araucanía, el número de heridos graves fluctuó entre 0,096 (Región Metropolitana) y 1,332 (Región de La Araucanía). Los lesionados menos graves variaron desde 0,073 en la Región Metropolitana a 0,750 en la Región de la Araucanía y los lesionados calificados como leves estuvo entre 0,614 (Región Metropolitana) y 6,767 (Región de La Araucanía). Todas las cifras expuestas manifiestan que los accidentes de tráfico siguen siendo un problema de salud pública con grandes desigualdades no sólo entre los países sino también dentro de cada país (La Torre et al., 2007).

La necesidad de erradicar las defunciones y heridas provocadas por los accidentes de tráfico implica, como cualquier problema, que el primer paso para solucionarlo debe centrarse en conocer qué factores, condiciones o variables contribuyen a que esos sucesos se produzcan. Esta información sirve de guía a los países para que puedan establecer medidas orientadas a reducir y paliar las consecuencias de los siniestros viales. Sin embargo, para realizar una correcta investigación sobre los factores asociados a los accidentes de tráfico hay que tener en cuenta que las variables que influyen en un problema de salud pueden no ser las mismas que influyen en la variación de la frecuencia con la que ocurre ese problema de salud (Rose, 1985).

La presente Tesis Doctoral busca proporcionar las respuestas que tanto la comunidad científica como los decisores políticos necesitan para minimizar el freno al crecimiento económico que representan los siniestros viales para países como España y Chile. Para ello, empleando las herramientas estadísticas adecuadas a la caracterización de la siniestralidad vial de estas naciones, este trabajo aporta a la sociedad una fuente de información que posibilita una mejor comprensión de los accidentes de tráfico en vías interurbanas de España y Chile. La delimitación más precisa de los elementos que influyen en el riesgo de fallecer o sufrir lesiones

en accidentes de tráfico constituye un gran progreso en el camino de la investigación científica. Asimismo, la cuantificación de los beneficios económicos suscitados por las políticas públicas orientadas a mejorar la seguridad vial se hace necesaria para la sociedad en un contexto de análisis coste-beneficio primordial para definir y controlar cualquier política pública.

### I.3 Objetivos

Con el fin perseguido, se diseñan, plantean y constituyen cuatro objetivos diferentes, desarrollados a lo largo del trabajo en los capítulos II, III y IV. A continuación, se definen los objetivos con relación al orden en el que serán estudiados en la investigación:

**Objetivo I. Estimación del efecto de las características específicas provinciales sobre los riesgos de mortalidad y lesividad por accidentes de tráfico en las vías interurbanas en España.**

**Objetivo II. Estimación del efecto de las condiciones propias regionales sobre los riesgos de mortalidad y lesividad por accidentes de tráfico en las vías rurales en Chile.**

**Objetivo III. Asociación entre el nivel de desarrollo económico de las provincias españolas y los riesgos de fallecer o sufrir lesiones en accidentes de tráfico en las vías interurbanas.**

**Objetivo IV. Valoración del ahorro de costes provinciales por accidentes de tráfico en España.**

**Objetivo I. Estimación del efecto de las características específicas provinciales sobre los riesgos de mortalidad y lesividad por accidentes de tráfico en las vías interurbanas en España.**

Para conseguir este primer objetivo de la Tesis se especifican dos objetivos secundarios. Primero, se examina la asociación entre las tasas de mortalidad, lesividad grave o lesividad leve por accidentes de tráfico en las vías interurbanas en España y múltiples factores de riesgo, legislativos, sociales, sociodemográficos, climatológicos, económicos e infraestructurales. Segundo, se cuantifican las tasas de mortalidad, lesividad grave y lesividad leve de las provincias españolas individualmente producidas por el efecto de condiciones o factores propios de cada una de ellas.

La significación del estudio de los dos objetivos secundarios planteados radica en la identificación tanto de factores de riesgo como factores preventivos ligados a los siniestros viales en las vías interurbanas españolas. El uso del término “factor” no sólo hace referencia a los

predictores seleccionados para lograr el primer objetivo secundario, sino también a las características o circunstancias específicas de cada una de las provincias españolas que modelan sus riesgos de mortalidad o lesividad.

**Objetivo II. Estimación del efecto de las condiciones propias regionales sobre los riesgos de mortalidad y lesividad por accidentes de tráfico en las vías rurales en Chile.**

El segundo objetivo de la Tesis, de manera análoga al primero, trata de modelar el riesgo de fallecer o sufrir lesiones por siniestros viales en las vías rurales de Chile. Por ello, en primer lugar, se persigue averiguar el efecto de factores legislativos, sociales, sociodemográficos, económicos, climatológicos e infraestructurales en los riesgos de mortalidad, lesividad grave, lesividad menos grave y lesividad leve por accidentes de tránsito. En segundo lugar, se obtienen los riesgos de mortalidad, lesividad grave, lesividad menos grave y lesividad leve de cada una de las regiones chilenas que se generan por circunstancias o características particulares.

De igual forma a lo definido para el objetivo I, la relevancia del análisis del presente objetivo se fundamenta en la capacidad de reconocer qué factores están vinculados a un mayor o menor riesgo de fallecer o sufrir heridas en accidentes de tráfico en las vías rurales en Chile, erigiéndose las condiciones propias o particulares de las regiones chilenas como un factor de riesgo más.

**Objetivo III. Asociación entre el nivel de desarrollo económico de las provincias españolas y los riesgos de fallecer o sufrir lesiones en accidentes de tráfico en las vías interurbanas.**

El tercer objetivo de la Tesis busca averiguar si el dispar nivel de desarrollo económico de las provincias de España provoca disimilitudes en el efecto de los factores determinantes sobre los riesgos de mortalidad, lesividad grave y lesividad leve. Para conseguir la meta propuesta, por un lado, se estima el impacto de los factores determinantes en las tasas de mortalidad, lesividad grave y lesividad leve para las provincias españolas agrupadas en dos conjuntos dependiendo de su nivel de desarrollo económico. Por otro lado, se determinan las tasas de mortalidad, lesividad grave y lesividad leve de cada una de las provincias que componen los conjuntos ocasionadas por el impacto de sus características propias.

La trascendencia de los resultados de esta investigación reside en una identificación más precisa tanto de la asociación de los factores determinantes de los riesgos de mortalidad y lesividad como de la distribución geográfica de los riesgos de cada una de las provincias

españolas, por lo que la gran disparidad del nivel de desarrollo económico de las provincias españolas no solo se erige como factor determinante de su siniestralidad vial sino también como factor caracterizador del efecto de otras variables predictoras.

#### **Objetivo IV. Valoración del ahorro de costes provinciales por accidentes de tráfico en España.**

En cuarto lugar, agrupadas las provincias españolas en clústeres en base al nivel de un conjunto de factores determinantes, se pretende averiguar si el ahorro de costes tras la implantación del permiso de conducción por puntos fue superior al período previo.

La relevancia que adquiere el estudio se fundamenta, por un lado, en la capacidad de averiguar si los ahorros de costes en el período de vigencia del permiso de conducción por puntos superan a los registrados en el período previo y, por otro lado, conocer qué diferencias existen en el ahorro de costes de las provincias españolas en base a la similitud del nivel de los factores determinantes seleccionados de los riesgos de mortalidad o lesividad.

## **I.4 Estructura de la Tesis**

La estructuración de la presente Tesis obedece a las directrices establecidas por la Escuela Internacional de Doctorado de la UCLM, que permite la presentación de la Tesis Doctoral en el formato de compendio de publicaciones. En este sentido, hemos considerado oportuno incluir diversas investigaciones publicadas y/o aceptadas, además de otras que están en proceso de revisión (disponibles en el Anexo) en revistas indexadas elaboradas en base a los objetivos delimitados en el epígrafe anterior. Si bien con los artículos aceptados o publicados en revistas científicas indexadas se cumplen los requerimientos para poder presentar la Tesis Doctoral, hemos considerado conveniente incorporar también los artículos que están en proceso de revisión con el fin de dar una visión del conjunto de la línea de investigación que configura la presente Tesis Doctoral.

En este apartado se expone la presentación del objeto de estudio, la motivación y los objetivos a los que se trata de dar respuesta a lo largo de la investigación.

El primer capítulo, que aborda el marco metodológico aplicado en las publicaciones presentadas en esta investigación, se subdivide en varios apartados. Primero, se expone la base teórico-científica que fundamenta tanto el estudio en su conjunto como los dos enfoques empíricos empleados. Segundo, se describe el proceso de construcción de las bases de datos para

España y Chile que sustentan y soportan las investigaciones vinculadas a los capítulos posteriores. Tercero, se presentan las principales características de las diferentes metodologías y análisis estadísticos utilizados asociados a los objetivos delimitados de la Tesis.

El segundo capítulo revela los principales resultados relacionados con los objetivos I y II que se han señalado en el apartado I.3. Tras la introducción del capítulo, en el segundo apartado se identifican tanto los factores determinantes de la mortalidad y lesividad en accidentes de tráfico en las vías interurbanas en España como el patrón geográfico de los riesgos específicos de las provincias españolas. El tercer apartado del capítulo determina, por un lado, qué factores explican los riesgos de fallecer o sufrir lesiones en accidentes de tráfico en las vías rurales en Chile y, por otro lado, los riesgos de mortalidad y lesividad originados por las condiciones específicas de las regiones chilenas. Finalmente, el apartado de conclusiones sintetiza los aspectos más novedosos de los resultados hallados para los dos países.

El tercer capítulo recoge los principales resultados del tercer objetivo definido en el apartado I.3, es decir, el examen de las diferencias de las estimaciones de los factores determinantes de los riesgos de mortalidad y lesividad en las provincias españolas dependiendo de su nivel de desarrollo económico. Después de una breve fundamentación teórica de la razón de ser de la investigación, de forma análoga al capítulo II, los apartados principales del capítulo detallan los hallazgos asociados tanto a los factores explicativos de los riesgos de mortalidad y lesividad como a los patrones geográficos de dichos riesgos para los dos conjuntos de provincias.

En el cuarto capítulo se exponen los ahorros de costes por el número de víctimas evitadas de los diferentes clústeres de provincias españolas vinculados con el cuarto objetivo definido en el referido apartado I.3. Para ello, en el citado capítulo se expresan qué disparidades existen en el ahorro de costes por el número de víctimas evitadas, permitiendo realizar un análisis descriptivo de las repercusiones económicas logradas por los avances en seguridad vial en España.

En el quinto capítulo se exponen las líneas de investigación en las que se está trabajando con el objetivo de aportar en el futuro a la literatura científica contribuciones que permitan un conocimiento más preciso de la siniestralidad vial en España.

Las principales conclusiones de la Tesis se resumen y sintetizan en el capítulo sexto. Tras este capítulo, se indican todas las referencias usadas para elaborar los diferentes estudios científicos. Finalmente, los anexos acogen todas las investigaciones publicadas, aceptadas y en revisión vinculadas a la presente Tesis Doctoral.

# CAPÍTULO I. MARCO METODOLÓGICO

---



## 1.1. Introducción

Este segundo capítulo acoge el desarrollo de los enfoques empíricos aplicados a las investigaciones elaboradas para conseguir los objetivos de la Tesis delimitados en el capítulo anterior.

La consecución de un completo marco metodológico precisa obligatoriamente del conocimiento acumulado respecto a un determinado objeto de estudio. La fase previa a la definición de las etapas propias del marco metodológico es la determinación del estado del arte. Por ello, este se expone en el segundo apartado del capítulo, con el fin de proporcionar una panorámica del conocimiento generado sobre los factores determinantes de los accidentes de tráfico, lo que permite lograr una comprensión del tema objeto de estudio de esta Tesis para poder abordar los objetivos planteados en ella.

Conocido el marco teórico en relación con los principales factores determinantes de los accidentes de tráfico, se definen las fases propias del marco metodológico. En el tercer apartado del presente capítulo se especifican el tipo y el diseño de las investigaciones, las unidades de análisis para España y Chile y la recolección de datos de las variables dependientes y explicativas para cada uno de los países.

Por último, en el cuarto apartado del capítulo se definen los indicadores, análisis estadísticos y enfoques empíricos aplicados en las diferentes investigaciones expuestas en los capítulos II, III y IV.

## 1.2. Estado del arte

En las últimas dos décadas, la literatura científica ha buscado identificar cuáles son los factores determinantes de la siniestralidad vial con el fin de proporcionar a los decisores políticos un diagnóstico que les sirva de ayuda para conseguir una mejor configuración de la política vial. La gran diversidad de factores incluidos en los estudios de seguridad vial está asociada a la multiplicidad de elementos intervinientes en los siniestros viales: factores legislativos, de exposición, sociales, económicos, de infraestructura o sociodemográficos, entre otros.

La tasa de accidentes o de mortalidad por siniestros viales de cualquier territorio se relaciona directamente con el nivel de exposición al que se enfrentan los usuarios de sus vías. Por ello, este es uno de los factores más examinados en las investigaciones de seguridad vial. Comúnmente, el indicador más utilizado es la distancia total recorrida por los vehículos en las

carreteras o vías interurbanas de un país (Aparicio Izquierdo et al., 2013; Blum y Gaudry, 2000; Fournier y Simard, 2000; Fridstrøm e Ingebrigtsen, 1991; Jaeger y Lassarre, 2000; McCarthy, 2000; Tegnér et al., 2000; Van den Bossche y Wets, 2003). Aunque se advierte una relación positiva entre la distancia recorrida y el número de accidentes, los hallazgos de algunas de las investigaciones exponen que esa asociación no es lineal. El indicador de distancia recorrida no es el único utilizado en la literatura para testar el efecto del nivel de exposición en la siniestralidad vial: algunos estudios han evaluado su impacto a través de diversos factores sociodemográficos (Campos, 2003; Castillo-Manzano et al., 2015a; Eksler et al., 2008; Fridstrøm, 2000; Grimm y Treibich, 2013; Noland y Adediji, 2018; Noland y Quddus, 2004; Tolón-Becerra et al., 2013), encontrando relaciones diferentes dependiendo de la variable seleccionada para tal propósito.

Indirectamente, el mayor o menor riesgo de exposición en un país está interrelacionado con el entorno y la situación económica en la que se encuentra: en un entorno de crecimiento económico el número de kilómetros que se recorren en las vías interurbanas de un país es muy superior al que se produce en una situación económica más desfavorable. Las condiciones económicas de un territorio son un indicativo de la evolución o el nivel de otras variables relacionadas con la seguridad vial como la inversión en infraestructura, la antigüedad del parque vehicular o la conducción de la población, entre otras. El gran potencial explicativo de las variables asociadas a la situación económica de un país conduce a gran parte de las investigaciones en seguridad vial a estimar en sus modelos su efecto en la siniestralidad vial (Aparicio Izquierdo et al., 2013; Fournier y Simard, 2000; Fridstrøm, 2000; Grimm y Treibich, 2013; Jaeger y Lassarre, 2000; McCarthy, 2000; Rivas-Ruiz et al., 2007; Tolón-Becerra et al., 2013; Van den Bossche y Wets, 2003).

Conviene detenerse en la revisión bibliográfica y examinar con detalle la incidencia del nivel de desarrollo y las condiciones económicas sobre la siniestralidad vial. Multitud de estudios han tratado de averiguar la relación existente entre las condiciones económicas o el nivel de desarrollo económico y la siniestralidad vial a través de diferentes bases de datos, distintos indicadores de siniestralidad vial y diversas técnicas econométricas. Las variables principalmente utilizadas en las investigaciones científicas para examinar dicha relación son el PIB per cápita (o PIB) y la tasa de desempleo.

El PIB o ingreso de un país es considerado un buen indicador de su nivel de desarrollo, no sólo por su impacto en la exposición al riesgo de accidente sino también en variables como la inversión en seguridad vial (Antoniou et al., 2016). Además, es considerado como una medida de factores como la urbanización, la calidad de la infraestructura o la efectividad de los servicios sanitarios (Bishai et al., 2006). La literatura científica distingue tres relaciones diferentes entre el

PIB y el número de víctimas por accidentes viales: (1) relación no lineal (relación en forma de U invertida), (2) relación positiva y (3) relación negativa.

Muchas investigaciones han llegado a la conclusión de que la relación entre el PIB y las muertes por accidentes tiene forma de U invertida (Bishai et al., 2006; Castillo-Manzano et al., 2015a; Grimm y Treibich, 2013; Kopits y Cropper, 2005; Law et al., 2011; Söderlund y Zwi, 1995; Van Beeck et al., 2000). Inicialmente, el crecimiento económico en los territorios con menores ingresos se acompaña por un rápido aumento del número de vehículos en circulación, incrementándose la mortalidad en siniestros viales por el efecto exposición: el riesgo de colisión y el riesgo para los usuarios no motorizados son superiores por el mayor número de vehículos en circulación (Law et al., 2009). Una vez alcanzado un determinado nivel económico, la seguridad vial adquiere mayor importancia en estos territorios a través del uso de vehículos más seguros, comportamientos menos arriesgados de los conductores, mayor control de las vías, avances en legislación de seguridad vial o mejoras en la respuesta de servicios de emergencia, entre otros muchos (Traynor, 2008). Esta asociación no lineal también ha sido constatada por Law et al. (2009) entre el ingreso per cápita y el número de motoristas muertos en 25 países en 1970-1999 y para el número de heridos en 99 países (desarrollados y no desarrollados) en el período 1963-2009 (Law, 2015).

La literatura científica identifica también una relación positiva entre el PIB per cápita y el número de muertos en accidentes viales (Hakim et al., 1991; Noland, 2003). Recientemente, Yannis et al. (2014) han evidenciado un efecto positivo a corto plazo entre los cambios en el PIB y los registrados en la tasa de mortalidad en 27 países europeos en 1975-2011. Las estimaciones de Antoniou et al. (2015) en ese mismo período indican la existencia de efectos positivos del PIB per cápita a corto y largo plazo en el número de muertos en 30 países europeos. Este efecto también ha sido encontrado por Bougueroua y Carnis (2016) respecto al número de siniestros viales en Argelia y el estudio de Noland y Zhou (2017) revela una relación positiva del ingreso medio regional y el número de muertos en EE.UU. en 1984-2014.

Por último, se ha constatado mediante análisis transversales un efecto negativo del PIB real y los accidentes mortales en Nueva Zelanda (Scuffham, 2003) o del ingreso per cápita y la tasa de mortalidad regionales en Países Bajos o EE.UU. (Traynor, 2009a; Van Beeck et al., 1991; Zlatoper, 1991). Asimismo, análisis más específicos hallan una relación inversa entre el ingreso per cápita de los condados del Estado de Ohio y el número de muertos por 100 millones de MVKR (Traynor, 2008) o la gravedad de la lesión de las víctimas en accidentes de tráfico (Traynor, 2009b). Recientemente, Noland y Adediji (2018) han averiguado que la relación entre el ingreso medio y el número de accidentes en Nueva Jersey en 2008-2012 es negativa. Las diferencias en

la asociación entre nivel de desarrollo económico y siniestralidad vial encontradas por Traynor (2009a), Zlatoper (1991) y Noland y Zhou (2017) para EE.UU. se originan por la disparidad de métodos y variables seleccionadas para examinar dicha relación.

La incorporación de la tasa de desempleo en las investigaciones científicas permite examinar el efecto de la situación económica de los territorios en su accidentalidad vial. Por un lado, una parte de las investigaciones revisadas encuentran que peores condiciones económicas están relacionadas positivamente con una mayor accidentalidad y/o mortalidad en siniestros viales, debido principalmente a factores como un parque de vehículos más antiguo, mayor volumen de usuarios vulnerables o ralentización en la infraestructura vial (Yannis et al., 2014). Traynor (2009a) evidenció un coeficiente positivo entre las tasas de desempleo y mortalidad regional en EE.UU. en 1999-2003. Asimismo, en otra de sus investigaciones determinó una relación positiva entre la tasa de desempleo de los condados del Estado de Ohio y la gravedad de las víctimas de sus accidentes viales (Traynor, 2009b).

Por otro lado, la tasa de desempleo presenta un coeficiente negativo respecto a la accidentalidad vial en diversas investigaciones. Gerdtham y Ruhm (2006) advirtieron en su investigación que una reducción del 1% de la tasa de paro incrementó un 2,1% las muertes por accidentes en un conjunto de 23 países de la OCDE en 1960-1997. Actualmente, la investigación de Elvik (2015) ha demostrado para una muestra de 14 países de la OCDE que variaciones en la tasa de desempleo afectan negativamente en las variaciones en el número de muertos por siniestros viales. De igual modo, Bergel Hayat et al. (2015) han hallado que en el período 1983-2012 un aumento de 0,1 punto en la tasa de desempleo de Francia y España se asocia con una reducción aproximada del 0,3% del número de muertos por accidentes de tráfico en el mes.

Precisamente, el progreso y desarrollo económico de un país requiere de un sistema de transporte adecuado y, por ende, de una infraestructura viaria de calidad. El freno al desarrollo económico que constituye un deficiente sistema de transporte se multiplica cuando esa insuficiencia repercute en la accidentalidad vial. La demanda de seguridad vial evoluciona a la par que progresa una sociedad, por lo que las sociedades requieren a los estados una mayor inversión en seguridad. Estos se ven obligados a realizar esfuerzos inversores considerables en mejorar no solo las vías interurbanas y urbanas, sino mejorar en la respuesta de los servicios sanitarios. Esta obligación infunde en los investigadores la necesidad de explicar a través de sus investigaciones la efectividad de las inversiones en construcción y mejora de las vías o en dotación de recursos para el sistema sanitario (Aparicio Izquierdo et al., 2013; Campos, 2003; Castillo-Manzano et al., 2014; Fridstrøm, 2000; Fridstrøm e Ingebrigtsen, 1991; Grimm y Treibich, 2013). Asimismo, los estudios que examinan los factores determinantes de la siniestralidad vial también han evaluado

el impacto de la calidad de la infraestructura mediante indicadores diferentes a la mera inversión económica: la longitud de la red de carreteras, la densidad de vías de alta capacidad o su proporción respecto al total de kilómetros (Albalate y Bel, 2012; Albalate et al., 2013; Aparicio Izquierdo et al., 2013; Campos, 2003; Fridstrøm, 2000; Grimm y Treibich, 2013; Jaeger y Lassarre, 2000; Rivas-Ruiz et al., 2007; Tegnér et al., 2000; Tolón-Becerra et al., 2013), con una relación diferente dependiendo de la variable seleccionada.

La calidad de las vías se ve afectada por el entorno ambiental. Las condiciones ambientales y climatológicas se erigen como un factor influyente de la siniestralidad vial, por lo que multitud de estudios han tratado de modelar el impacto de la climatología adversa sobre la siniestralidad vial mediante la utilización de diferentes factores: precipitaciones, minutos de luz en un determinado lugar, nieve o temperatura, entre otros muchos (Eisenberg, 2004; Fournier y Simard, 2000; Fridstrøm, 2000; Fridstrøm e Ingebrigtsen, 1991; Fridstrøm et al., 1995; Jaeger y Lassarre, 2000; McCarthy, 2000; Nguyen-Hoang y Yeung, 2014; Rivas-Ruiz et al., 2007; Van den Bossche y Wets, 2003).

El alcance de una descripción completa de los factores determinantes tradicionalmente escogidos por la literatura científica demanda el conocimiento de las variables vinculadas a los dos últimos elementos intervinientes de los siniestros viales: el factor vehículo y el factor humano. En relación con el primero, los expertos en seguridad vial han examinado la relación entre accidentes de tráfico y condiciones del parque de vehículos (Aparicio Izquierdo et al., 2013; Blows et al., 2003; Rivas-Ruiz et al., 2007). La caracterización del parque vehicular, su nivel de envejecimiento o las mejoras de calidad de los vehículos determinan el nivel de accidentalidad de los países.

Finalmente, el factor humano es el componente con mayor importancia en la ocurrencia de los siniestros viales. En una proporción elevada, el desencadenante de un accidente de tráfico es el factor humano. Por ello, un gran número de investigaciones científicas se han esforzado en estimar la relación entre dicho factor y el riesgo de fallecer o sufrir lesiones por accidentes viales. Así, algunos trabajos han modelado el efecto de variables como la población conductora o la proporción de conductores noveles (Aparicio Izquierdo et al., 2013; Fournier y Simard, 2000; Fridstrøm e Ingebrigtsen, 1991), otros basan sus análisis en confirmar la efectividad de los cambios legislativos aplicados en materia de tráfico y seguridad vial (Blum y Gaudry, 2000; Fournier y Simard, 2000; Fridstrøm, 2000; McCarthy, 2000; Tegnér et al., 2000; Van den Bossche y Wets, 2003). La legislación que se incluye a través de esas variables es diversa, desde medidas relacionadas con el uso de casco o cinturón hasta medidas que incorporan cambios en las limitaciones de velocidad o en los niveles de alcohol.

Finalmente, las medidas legislativas orientadas a controlar el comportamiento del factor humano han sido muy utilizadas por los estados para minorizar el impacto de los siniestros viales. Por ello, son muchas las investigaciones científicas centradas en evaluar la efectividad de cambios legislativos cuyo fin es conseguir conducciones libres de alcohol y más seguras (Albalate, 2008; Aparicio Izquierdo et al., 2011; Castillo-Manzano et al., 2010; Castillo-Manzano y Castro-Nuño, 2012; Novoa et al., 2010).

El gran entramado de factores determinantes examinados advierte de la complejidad de los accidentes de tráfico como problema de salud pública, por lo que la comunidad científica debe seguir trabajando para avanzar en el conocimiento de los accidentes de tráfico, con el objetivo de lograr la definición más completa del problema de la siniestralidad vial.

### 1.3. Diseño de la investigación, población de estudio y variables

En la primera de las etapas propias del marco metodológico, común a las diferentes investigaciones que componen la presente Tesis Doctoral, se diseñan los estudios expuestos definiendo los tipos de investigación que se van a desarrollar, las poblaciones objeto de estudio, los indicadores de siniestralidad vial y las variables independientes que conforman las bases de datos que sustentan todas las investigaciones realizadas.

Sobre la base de la revisión de la literatura científica y en función de los objetivos delimitados en el capítulo previo, las investigaciones deben ser planteadas de manera que permitan examinar las relaciones entre diferentes factores o describir un determinado aspecto asociado a la seguridad vial. Por ello, las investigaciones de este estudio son, por un lado, causales o explicativas, con el propósito de evidenciar relaciones o asociaciones entre diferentes variables y, por otro lado, descriptivas, tratando de describir las características de un conjunto de sujetos.

El examen de los estudios científicos referentes tanto a la siniestralidad vial como a la seguridad vial evidencia que gran proporción de los trabajos publicados tratan de mejorar el conocimiento de grandes conjuntos de poblaciones: países individuales, grandes conjuntos de países o agrupaciones de países como entes políticos, entre otros. Sin embargo, los estudios con unidades transversales más pequeñas no son tan utilizados por la literatura científica.

La revisión de los papeles científicos publicados para España constata un patrón similar: gran parte de las investigaciones científicas vinculadas a la seguridad vial utilizan datos nacionales.

La evidencia de disparidad en el nivel de siniestralidad vial en países como España y Chile induce a pensar en la necesidad de un conocimiento más preciso de los territorios que los componen. Por ello, las investigaciones expuestas en los capítulos II, III y IV tienen como población de estudio las cincuenta provincias españolas, unidades administrativas más pequeñas con datos disponibles. De manera similar, el análisis vinculado a Chile se define con la población de estudio más pequeña con información disponible para los factores explicativos seleccionados: las trece regiones, a pesar de existir unidades administrativas más pequeñas (provincias).

La periodicidad anual de todas las variables seleccionadas y usadas en los diferentes enfoques y los períodos definidos tanto para España (1999-2015) como para Chile (2000-2017) se fundamentan en la disponibilidad de datos en las etapas de recolección de información para cada una de ellas. En aras de conseguir la mayor homogeneidad y comparabilidad de resultados entre los dos países objeto de estudio de la presente Tesis Doctoral, la modificación de la división administrativa en 2007 de dos de las regiones chilenas obliga a configurar la base de datos de Chile con la antigua división administrativa. En 2007 el gobierno chileno decidió ampliar el número de regiones de 13 a 15, fragmentando la región de Tarapacá en las regiones de Tarapacá y Arica y Parinacota, y la región de Los Lagos en las regiones de Los Lagos y Los Ríos. Con el fin de disponer de observaciones para todo el período definido, la información de las cuatro nuevas regiones para el período 2007-2017 se trata para disponer de información de las dos regiones antiguas.

Con información de las 50 provincias españolas o las 13 regiones chilenas para los dos períodos delimitados anteriormente, ambas bases de datos son configuradas como datos de panel, lo que determina el enfoque empírico a aplicar para conseguir los objetivos delimitados en el capítulo I.

Las variables seleccionadas para exponer los objetivos se recopilan en dos fases. En la primera, se obtiene la información relacionada con las variables dependientes definidas para alcanzar los diferentes objetivos propuestos. Para ello, primeramente, se selecciona la información de víctimas de accidentes de tráfico en vías interurbanas (Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito, 2018; Dirección General de Tráfico, 2016a), diferenciadas según gravedad de la lesión, de la Dirección General de Tráfico (España) y de la Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito, CONASET (Chile). En España, los tipos de víctimas según gravedad de la lesión se definen como: “muerto” a toda persona que, como consecuencia del accidente, fallezca en el acto o dentro de los treinta días siguientes; “herido grave” a toda persona herida en un accidente de circulación y cuyo estado precisa una hospitalización superior a veinticuatro horas; y “herido leve” a toda persona herida en un accidente de circulación a la que no pueda aplicarse la

definición de herido grave (Eurostat, ITF y UNECE, 2010). En Chile, las víctimas resultantes de un accidente de tráfico son: “muerto”, persona fallecida en 24 horas; “lesionado grave”, toda persona cuya recuperación supera los 30 días; “lesionado menos grave”, toda aquella persona que precisa entre 15 y 30 días para recuperarse del accidente; y “lesionado leve”, toda persona cuya recuperación no es superior a los 15 días. La definición de muerto para Chile se ajusta a la establecida en la Convención de Viena (fallecido a 30 días) aplicando el factor de corrección recomendado por la European Conference of Ministers of Transport (Jacobs et al., 2000).

En esta primera fase relacionada con la definición de las variables dependientes, es necesario disponer de un indicador de exposición al riesgo para obtener dichas variables. Por ello, siguiendo las recomendaciones de la literatura científica (Papadimitriou et al., 2013; Rivas-Ruiz et al., 2007) se escoge para ello el mejor de los indicadores de exposición: número de vehículos-kilómetros recorridos en las vías interurbanas (MVKR) (Albaladejo, 2008; Farchi et al., 2006; Lamm et al., 1985). En España es el Ministerio de Fomento el encargado de elaborar las estimaciones de la longitud recorrida en las vías interurbanas para cada una de las provincias. Sin embargo, este indicador no es calculado por las autoridades chilenas. Se decide, por ello, utilizar el número de vehículos registrados como indicador de exposición para la obtención de las tasas o riesgos de mortalidad y lesividad. Si bien es cierto que el número de vehículos registrados no constituye en sí una medida de exposición, se considera una medida alternativa al número de vehículos-kilómetros recorridos en las vías interurbanas o rurales (Papadimitriou et al., 2013).

Con la selección de las variables indicadas (víctimas e indicadores de exposición), las variables dependientes usadas en los diferentes enfoques son los diferentes riesgos de mortalidad y lesividad de las provincias españolas o de las regiones chilenas expresados como el número de víctimas (diferenciadas por los distintos tipos de víctimas) por millón de vehículos-kilómetros recorridos (España) o por 1.000 vehículos registrados (Chile) (Tablas 1.1 y 1.2).

El uso de estas tasas o riesgos pretende mitigar el efecto distorsionador del diferente nivel de exposición al que se enfrentan tanto las provincias españolas como las regiones chilenas, es decir, eliminar el sesgo que puede producir la heterogeneidad existente en su nivel de exposición. Hakkert y Braimaister (2002) recomiendan la utilización de los vehículos-kilómetros recorridos para ello, al ser un adecuado indicador en el análisis del riesgo de accidentes en términos de distribución espacial. Además, conviene señalar que las estimaciones de modelos a través de tasas son de mayor interés para los decisores políticos (Eisenberg, 2003), por lo que los resultados obtenidos suponen una contribución no sólo para la comunidad científica sino también para los decisores políticos responsables de la seguridad vial en España y Chile. La calificación de mejor indicador de exposición (MVKR) para capturar las variaciones regionales en la

accidentalidad (Papadimitriou et al., 2013) no significa que esté exento de limitaciones. Se debe advertir su relación no lineal con la accidentalidad (Rivas-Ruiz et al., 2007) y su capacidad para infravalorar el riesgo de accidente en territorios con alto nivel de movilidad no motorizada y alto desarrollo y uso del transporte público (Santamariña-Rubio et al., 2013).

En la segunda fase de la etapa de construcción de las bases de datos para cada país se recopilan todas las variables explicativas escogidas para lograr los diferentes objetivos establecidos. Dicha recopilación está fundamentada en base a la revisión de la literatura científica y a la disponibilidad de información de los factores para las unidades especificadas (provincias españolas y regiones chilenas) y los períodos definidos en cada uno de los países objeto de estudio.

La importancia del factor humano en los accidentes viales origina la búsqueda de factores vinculados a cambios legislativos en los países con la meta de controlar el factor humano. Para España, se crea una variable dummy que permita medir o examinar el efecto de la implantación del permiso de conducción por puntos sobre los tres riesgos de mortalidad y lesividad. Las investigaciones científicas de Albalade et al. (2013), Aparicio Izquierdo et al. (2011) o Castillo-Manzano y Castro-Nuño (2012) sugieren una relación negativa de esta variable con las víctimas por accidentes de tráfico. La variable toma el valor 0 para el período 2000-2005 y 1 en los años del período 2006-2015 en todas las provincias. A pesar de que el permiso de conducción por puntos entró en vigor el 1 de julio de 2006 en todas las provincias de España, las observaciones de este año se codificaron con el valor 1 siguiendo el efecto previo constatado a su entrada en vigor en países como Italia (Benedettini y Nicita, 2009). Además, los mayores efectos de esta medida legislativa se producen en un período no superior a dos años (Castillo-Manzano y Castro-Nuño, 2012), por lo que se considera necesaria la codificación aplicada.

En la base de datos de Chile los cambios legislativos orientados a controlar el factor humano son evaluados a través de dos variables dummy. Con la primera de ellas se pretende estimar el efecto de la modificación de la Ley de Tránsito en 2005, fundamentada en un endurecimiento frente al uso del teléfono móvil durante la conducción, una regulación del uso del cinturón de seguridad o el traslado de niños menores de 8 años, entre otros aspectos. Las investigaciones de Nazif-Muñoz et al. (2014, 2015) sugieren que su puesta en marcha se asocia a beneficios para la seguridad vial de la sociedad chilena. Esta variable se codifica con valor 0 en el período 2000-2005 y valor 1 en 2006-2017. La segunda variable dummy creada para Chile expresa la implantación de la Ley de Tolerancia Cero, promulgada en 2012 para reducir los límites de alcohol en sangre. Su codificación fue 0 para 2000-2011 y 1 en el período 2012-2017. La literatura

científica evidencia efectos positivos de esta medida para reducir la mortalidad y lesividad en Chile (Nistral-Nuño, 2017).

Tabla 1.1. Principales descriptivos de las variables usadas en el análisis empírico vinculado al objetivo I

	DESCRIPCIÓN	MEDIA	DESVIACIÓN TÍPICA
<b>Variables dependientes</b>			
Riesgo de mortalidad (1), (2)	Número de muertos por MVKR	0,015	0,009
Riesgo de lesividad grave (1), (2)	Número de heridos graves por MVKR	0,060	0,037
Riesgo de lesividad leve (1), (2)	Número de heridos leves por MVKR	0,236	0,087
<b>Variables independientes</b>			
Permiso de conducción por puntos (4)	Variable dummy con valor 1 en todas las provincias en el período en el que el permiso de conducción por puntos está implementado	0,588	0,492
Volumen de tráfico (2)	Número de vehículos por año que viajan en vías interurbanas en cada provincia, expresado en miles	1.549,815	1.250,231
Tasa de motorización (1), (3)	Número de vehículos registrados por 1.000 habitantes	632,410	81,871
Variación anual de la densidad de población (3), (5)	Variación anual en el número de habitantes por kilómetro cuadrado	1,047	2,845
Tasa de desempleo (3)	Porcentaje de desempleados en relación con la población trabajadora	15,570	8,175
Precipitaciones (5)	Volumen total de precipitaciones en milímetros	559,827	341,130
Proporción de vías de alta capacidad (2)	Porcentaje de vías de alta capacidad con relación al total de kilómetros de vías interurbanas	8,948	5,048
Inversión en reposición por kilómetros de vía (2)	Inversión en reposición en vías interurbanas expresada en miles de € / kilómetro	13,358	8,970
Inversión en construcción por kilómetros de vía (2)	Inversión en construcción en vías interurbanas expresada en miles de € / kilómetro	27,558	24,521

Nota: (1) Dirección General de Tráfico; (2) Ministerio de Fomento; (3) Instituto Nacional de Estadística; (4) Legislación Nacional (5) MAGRAMA

La expresión de las variables dependientes como tasas ayuda en los diferentes enfoques empíricos aplicados a mitigar el efecto de la heterogeneidad del nivel de exposición. Sin embargo, las tasas de accidentes, de mortalidad o de lesividad de un país no son independientes del nivel de exposición. Por ello, se construye únicamente para España una variable explicativa que exprese el nivel de tráfico como factor de riesgo determinante. El Ministerio de Fomento calcula el indicador “millones de vehículos-kilómetros recorridos (MVKR)” mediante la expresión [1.1]:

$$veh - km = \frac{365 \cdot ADT \cdot L}{10^6} \quad [1.1]$$

Tabla 1.2. Principales descriptivos de las variables usadas en el análisis empírico vinculado al objetivo II

	DESCRIPCIÓN	MEDIA	DESVIACIÓN TÍPICA
<b>Variables dependientes</b>			
<b>Riesgo de mortalidad</b>	Número de fallecidos por 1.000 vehículos	0,576	0,331
<b>Riesgo de lesividad grave</b>	Número de heridos graves por 1.000 vehículos	1,105	0,584
<b>Riesgo de lesividad menos grave</b>	Número de heridos menos graves por 1.000 vehículos	0,740	0,460
<b>Riesgo de lesividad leve</b>	Número de heridos leves por 1.000 vehículos	4,351	2,021
<b>Variables independientes</b>			
<b>Ley de Tránsito</b>	Variable dummy con valor 1 en el período de aplicación de la reforma de la Ley de Tránsito de 2005 y 0 en los años restante del período	0,667	0,472
<b>Ley Tolerancia Cero</b>	Variable dummy con valor 1 en el período de aplicación de los nuevos límites de alcohol en sangre y 0 en los años restantes del período	0,333	0,472
<b>Tasa de motorización</b>	Número de vehículos registrados por 1.000 habitantes	209,627	73,363
<b>Variación anual de la densidad de población</b>	Variación anual en el número de habitantes por kilómetro cuadrado	0,576	1,127
<b>Tasa de desocupación</b>	Porcentaje de personas desocupadas en relación con la población activa	7,523	2,606
<b>Precipitaciones</b>	Volumen total de precipitaciones en milímetros	504,346	473,779
<b>Proporción de vías sin pavimentar</b>	Porcentaje de vías rurales cuyo pavimento es de ripio o tierra respecto al total de kilómetros de vías rurales	63,817	18,819
<b>Variación anual de la proporción de vías de alta capacidad</b>	Variación anual del porcentaje de vías con doble calzada respecto al total de kilómetros de vías rurales	0,103	0,707
<b>Inversión en reposición por kilómetro de vía</b>	Inversión en reposición en vías rurales expresada en miles de pesos chilenos constantes / kilómetro de vía rural	8.686,757	6.307,665
<b>Inversión en construcción por kilómetro de vía</b>	Inversión en construcción en vías rurales expresada en miles de pesos chilenos constantes / kilómetro de vía rural	836,310	891,771

Utilizando la información de la estimación del número de vehículos-kilómetros recorridos publicada por el Ministerio de Fomento (2017) y de la longitud de las vías interurbanas en cada una de las provincias, se obtiene la variable “volumen de tráfico anual” ( $365 \cdot ADT = AADT$ ). No es posible la obtención de esta variable para Chile debido a la no estimación del número de vehículos-kilómetros recorridos en sus vías rurales.

La literatura científica cuya variable dependiente es la tasa de accidentes habitualmente incluye esta variable (Elvik, 2017). Su relación con la siniestralidad vial no está clara. Si predomina el efecto de una menor velocidad por un mayor volumen de tráfico, su efecto respecto a la tasa de accidentes es negativa (Anastasopoulos et al., 2012a,b). Si domina el efecto de mayor exposición, la relación de esta variable tanto con la accidentalidad (Abdel-Aty y Radwan, 2000; Anastasopoulos y Mannering, 2009; Ma et al., 2017; Rangel y Vasallo, 2015; Wang et al., 2009) como con el número de muertos o heridos (Rangel et al., 2013) es claramente positiva. Finalmente, estos dos efectos pueden estar presentes a través de una relación no lineal con el número de accidentes (Cafiso et al., 2010; Wang et al., 2013).

Las condiciones sociales o sociodemográficas de los dos países son incluidas a las bases de datos a través de dos variables: la tasa de motorización y la densidad de población. La tasa de motorización es el número de vehículos registrados por cada 1.000 habitantes. Este factor es comúnmente usado por los estudios científicos de siniestralidad vial. Conviene destacar respecto a este factor explicativo que para España al estar el número de vehículos expresado a 31 de diciembre (Dirección General de Tráfico, 2016b; Instituto Nacional de Estadística, 2018a) y la población a 1 de enero, los datos de población para cada provincia se han utilizado los del año siguiente (Instituto Nacional de Estadística, 2015b), al estar referida a 1 de enero, generándose un desfase temporal de tan solo un día, por lo que la homogeneidad temporal es mayor. La tasa de motorización se asocia de forma diferente con la accidentalidad vial y las víctimas por accidentes de tráfico, dependiendo del efecto que predomine. Cuando el efecto que predomina es el de mayor exposición, la asociación es positiva respecto a la accidentalidad vial (Albalate et al., 2013). Por el contrario, la relación es negativa si el efecto predominante es el de mayor desarrollo del transporte, mejores infraestructuras, vehículos, políticas de seguridad vial y sistemas de transporte (Albalate, 2008; Albalate y Bel, 2012; Castillo-Manzano et al., 2015a).

El segundo factor sociodemográfico que compone las bases de datos de los dos países es la densidad de población, definida como el número de habitantes por kilómetro cuadrado de superficie (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2016; Instituto Nacional de Estadística 2015b, 2018d; Ministerio de Agricultura y Medio Ambiente, 2017a). Multitud de investigaciones identifican una relación negativa con los siniestros viales, principalmente debido a que áreas con mayor densidad de población están más avanzadas y disfrutan de infraestructuras de transporte público más desarrolladas (Eksler et al., 2008; Noland y Adediji, 2018). Traynor (2008) destaca en su estudio que en las regiones más densamente pobladas la reducción de la velocidad por la mayor congestión, una mayor rapidez de la respuesta de los servicios de emergencia y la calidad

de la respuesta de emergencia de los hospitales son tres de las razones que les ayudan a tener menores tasas de accidentalidad.

La vinculación de los accidentes de tráfico con el nivel de desarrollo y las condiciones económicas origina que se introduzcan a las bases de datos de ambos países factores que midan o expresen aspectos económicos. Por ello, ambas bases de datos acogen la tasa de desempleo o desocupación de las provincias españolas o las regiones chilenas (Instituto Nacional de Estadística, 2015c, 2018b). La mayor parte de las investigaciones encuentran, como ya se ha constatado en el apartado anterior, un efecto positivo de la tasa de desempleo en la seguridad vial de los países (Elvik, 2015; Gerdtham y Ruhm, 2006; Traynor, 2008), provocada por la menor demanda de bienes y servicios que se traduce en un menor nivel de tráfico y, por tanto, en un menor nivel de exposición. En el caso de España, las observaciones no están disponibles para los años 1999 y 2000 por no ser directamente comparables con el resto de los años del período debido a un cambio en la denominación de “parado”. Ello no tiene repercusión sobre los modelos creados para conseguir los objetivos I y III debido a su especificación, cuestión que será referida con más detalle en el siguiente apartado. En el caso de Chile, los cambios en la encuesta de empleo se producen en 2010. A pesar de ello, se asume esta limitación, tomando con cautela los hallazgos que se obtengan en relación con esta variable para poder examinar su relación con los riesgos de fallecer o sufrir lesiones en accidentes de tráfico.

Para lograr el tercer objetivo pretendido con esta Tesis Doctoral expuesto previamente, se añade a la base de datos inicial en España el indicador más utilizado para mostrar el nivel de desarrollo económico de las provincias: el Producto Interior Bruto (PIB) (Instituto Nacional de Estadística, 2016). Deben señalarse varias consideraciones respecto a este factor. Primero, las observaciones del año 1999 no están disponibles para la serie homogénea de PIB provinciales. Al igual que la tasa de paro, la especificación de los modelos construidos para alcanzar el objetivo III no distorsiona los resultados. Segundo, esta variable explicativa es añadida a la base de datos de España en precios reales de 2015 utilizando para ello los Índices de Precios al Consumo provinciales (Instituto Nacional de Estadística, 2015a).

A partir del PIB y utilizando la variable “población”, se obtiene para cada provincia el valor del PIB per cápita, factor usado para realizar la investigación que pretende dar respuesta al tercer objetivo. Su relación con las tasas de mortalidad o lesividad no está bien definida, existiendo discrepancias en la definición de la relación existente, como bien se ha señalado en el estado del arte. Por último, conviene señalar que ambas variables económicas (tasa de paro y PIB per cápita) no expresan el mismo fenómeno: mientras el PIB per cápita informa del nivel de desarrollo económico de cada provincia, su tasa de paro indica la situación económica en la que se

encuentra. Scuffham (2003) sugiere en su investigación que estos factores no son excluyentes uno del otro en su utilización para explicar la siniestralidad vial.

La diversidad de climatología en ambos países objeto de estudio de la presente Tesis Doctoral es evidente. Considerando la relación constatada de las condiciones climatológicas en los accidentes de tráfico, se recopila información provincial (España) y regional (Chile) de las precipitaciones caídas (Instituto Nacional de Estadística, 2017; Ministerio de Agricultura y Medio Ambiente, 2017b). La incorporación de esta variable a ambas bases de datos y el uso en los diferentes modelos construidos constituye una novedad para la literatura científica. Respecto a la relación con la siniestralidad vial, manteniéndose el resto de los factores iguales, mientras algunas investigaciones encuentran que el riesgo de sufrir un accidente es mayor con el pavimento mojado (Fridstrøm e Ingebrigtsen, 1991; Eisenberg, 2004), otras encuentran una relación negativa con la accidentalidad por la reducción de la velocidad ante la adversidad climatológica (Eisenberg, 2004; Traynor, 2009a). Se debe señalar que la no disponibilidad de algunas observaciones para algunas provincias españolas puede limitar su poder de interpretación de los resultados, si bien gran parte de esa falta de observaciones hacen referencia a los dos primeros años, período que no es considerado por los modelos construidos para lograr los objetivos I y III en base a la especificación que será expuesta en el siguiente apartado.

El último grupo de factores explicativos está relacionado con la infraestructura, uno de los elementos intervinientes de los accidentes de tráfico. La calidad de las infraestructuras viales es uno de los factores más importantes para los países, regiones y provincias en la lucha contra la siniestralidad vial. El primer factor asociado a la calidad de la infraestructura es la proporción de vías de alta capacidad entendidas estas como autovías, autopistas y vías de doble calzada (Dirección de Vialidad, 2018; Ministerio de Fomento, 2017). Su diseño permite, por un lado, absorber un mayor nivel de tráfico y, por otro, que la maniobra de adelantamiento sea más segura. Por ello, es muy importante para los territorios disponer de infraestructuras de calidad, ya que repercute positivamente mejorando la seguridad vial (Albalate, 2008; Jamroz, 2012). La multicolinealidad producida por la proporción de vías de alta capacidad para Chile obliga a aplicar a la variable original primeras diferencias, obteniéndose la variación anual de la proporción de vías de alta capacidad.

La configuración de la infraestructura vial en Chile induce a considerar una variable añadida para medir la relación de su calidad: la proporción de vías sin pavimentar (Dirección de Vialidad, 2018). Estas vías, de ripio o tierra, conforman gran parte de la estructura vial, por lo que se construye este factor únicamente en la base de datos de Chile. La calidad de la infraestructura

se relaciona negativamente con la siniestralidad vial: la calidad de estas vías es muy baja, por lo que se espera encontrar una relación positiva con los riesgos de mortalidad y lesividad definidos.

Por último, se añaden a ambas bases de datos variables que indican el esfuerzo inversor de los dos países en mejorar la infraestructura vial: inversión en reposición e inversión en construcción en vías interurbanas (España) o rurales (Chile) (Ministerio de Fomento, 2017; Ministerio de Obras Públicas, 2018). Las inversiones en infraestructura vial son necesarias para mejorar el sistema de transporte de los países, por lo que la literatura científica halla, por lo general, una relación negativa entre las inversiones y el riesgo de fallecer o sufrir lesiones por accidentes de tráfico (Albalade et al., 2013).

Deben señalarse diversas consideraciones vinculadas a ambos tipos de inversiones para los dos países. Primero, respecto a España, la inversión en reposición es definida como la inversión en mejora de las carreteras incluyendo la reconstrucción, renovación y las reparaciones importantes, así como las inversiones de mantenimiento de superficies, rehabilitación y reposición de vialidad y seguridad vial. La inversión en construcción hace referencia a construcción de nuevas vías. Con relación a Chile, la inversión en reposición está conformada por las inversiones en reposición, mejoramiento, reparación, conservación y habilitación, realizadas por la Dirección de Vialidad, y la inversión en construcción por las ejecutadas en este mismo organismo en construcción y ampliación.

Segundo, la disparidad de kilómetros de vías tanto en las provincias españolas como en las regiones chilenas implica un desigual reparto de dinero para inversión en infraestructura. Por ello, para evitar que el total de inversiones en ambas bases de datos distorsionen los resultados de los enfoques empíricos definidos en el siguiente apartado, se obtienen ambas inversiones en los dos países por kilómetro de vía interurbana o rural, por lo que las variables finales seleccionadas para conseguir los objetivos definidos son las inversiones por kilómetro de vía interurbana o rural.

Tercero, ambas inversiones para los dos países son añadidas a la base de datos en precios reales. Las inversiones en España son expresadas en miles de euros constantes de 2015 por kilómetro de vía interurbana utilizando los Índices de Precios al Consumo provinciales (Instituto Nacional de Estadística, 2015a) y las inversiones en Chile en miles de pesos chilenos de 2017 usando el Índice de Precios al Consumo del país (Instituto Nacional de Estadística, 2018c).

El gran trabajo de recopilación de datos para España puede ser consultado en la investigación denominada *“Data on the determinants of the risk of fatalities, serious injuries and light injuries in traffic accidents on interurban roads in Spain”* publicada en *Data in Brief*.

Como se ha mencionado anteriormente, la variable PIB per cápita no sólo es utilizada en el objetivo III para examinar el efecto o relación del nivel de desarrollo económico y los riesgos de mortalidad y lesividad, sino también para estratificar las provincias españolas en dos grupos en función de su nivel de desarrollo económico.

Por ello, vinculado al objetivo III, tras el cálculo del peso medio del PIB per cápita de las provincias en el período 2000-2015 respecto al PIB per cápita de España, se definen dos grupos de provincias. “Provincias de renta per cápita baja”, compuesto por aquellas cuyo peso medio es inferior al 100% del PIB per cápita nacional y “provincias de renta per cápita alta”, integrado por las provincias con un peso medio superior al 100% del PIB per cápita de España (Tabla 1.3).

**Tabla 1.3. Grupos de provincias definidos en base al nivel de desarrollo económico asociados al objetivo III**

PROVINCIAS	
<b>RENDA PER CÁPITA BAJA</b>	Almería, Cádiz, Córdoba, Granada, Huelva, Jaén, Málaga, Sevilla, Asturias, Las Palmas, Santa Cruz de Tenerife, Cantabria, Ávila, León, Salamanca, Segovia, Soria, Zamora, Albacete, Ciudad Real, Cuenca, Guadalajara, Toledo, Alicante, Castellón, Valencia, Badajoz, Cáceres, A Coruña, Lugo, Ourense, Pontevedra y Murcia
<b>RENDA PER CÁPITA ALTA</b>	Huesca, Teruel, Zaragoza, Islas Baleares, Burgos, Palencia, Valladolid, Barcelona, Girona, Lleida, Tarragona, Madrid, Navarra, Álava, Guipúzcoa, Vizcaya y La Rioja

La fragmentación de la base de datos en dos conjuntos de observaciones no elimina la estructura de datos de panel. Esta división concede un potencial superior a la base de datos inicialmente construida al permitir averiguar no solo qué diferencias existen en la relación entre los factores explicativos y las variables dependientes, sino también una identificación más precisa del impacto de las características específicas de las provincias en los riesgos de fallecer o sufrir lesiones en las vías interurbanas españolas.

Los estadísticos de los dos grupos de provincias expuestos en la Tabla 1.4 advierten ya diferencias relevantes entre ellos: el nivel de desarrollo económico, expresado a través de la variable PIB per cápita, es muy desemejante entre los dos conjuntos de provincias. Las condiciones económicas y el nivel de exposición de las provincias también son muy dispares, siendo muy superior (con mejores condiciones económicas de media) en las provincias de renta per cápita alta. Finalmente, el valor medio de la variación anual de la densidad de población en las provincias de renta per cápita alta es más de dos veces superior a la del conjunto con menor nivel de desarrollo económico.

Tabla 1.4. Principales descriptivos de las variables usadas en el análisis empírico vinculado al objetivo III

DESCRIPCIÓN		PROVINCIAS DE RENTA PER CÁPITA BAJA		PROVINCIAS DE RENTA PER CÁPITA ALTA	
		Media	Desviación típica	Media	Desviación típica
<b>Variables dependientes</b>					
<b>Riesgo de mortalidad (1), (2)</b>	Número de muertos por MVKR	0,015	0,009	0,015	0,009
<b>Riesgo de lesividad grave (1), (2)</b>	Número de heridos graves por MVKR	0,062	0,039	0,055	0,034
<b>Riesgo de lesividad leve (1), (2)</b>	Número de heridos leves por MVKR	0,230	0,083	0,249	0,093
<b>Variables dependientes</b>					
<b>Productor Interior Bruto Real (3)</b>	Producción económica por habitante en precios de 2015	19.424,12	2.470,728	27.938,36	3.412,278
<b>Tasa de desempleo (3)</b>	Porcentaje de desempleados en relación con la población trabajadora	17,530	8,586	11,766	5,630
<b>Permiso de conducción por puntos (4)</b>	Variable dummy con valor 1 en todas las provincias en el período en el que el permiso de conducción por puntos está implementado	0,588	0,493	0,588	0,493
<b>Volumen de tráfico (2)</b>	Número de vehículos por año que viajan en vías interurbanas en cada provincia, expresado en miles	1.329,379	874,781	1.977,718	1.685,664
<b>Tasa de motorización (1), (3)</b>	Número de vehículos registrados por 1.000 habitantes	625,564	76,894	645,697	89,410
<b>Variación anual de la densidad de población (3), (5)</b>	Variación anual en el número de habitantes por kilómetro cuadrado	0,734	2,054	1,655	3,885
<b>Precipitaciones (5)</b>	Volumen total de precipitaciones en milímetros	543,541	344,640	592,875	332,065
<b>Proporción de vías de alta capacidad (2)</b>	Porcentaje de vías de alta capacidad con relación al total de kilómetros de vías interurbanas	8,362	4,489	10,086	5,828
<b>Inversión en reposición por kilómetros de vía (2)</b>	Inversión en reposición en vías interurbanas expresada en miles de €/kilómetro	11,127	5,614	17,687	12,142
<b>Inversión en construcción por kilómetros de vía (2)</b>	Inversión en construcción en vías interurbanas expresada en miles de €/kilómetro	25,563	23,291	31,431	26,362

Nota: (1) Dirección General de Tráfico; (2) Ministerio de Fomento; (3) Instituto Nacional de Estadística; (4) Legislación Nacional (5) MAGRAMA

## 1.4. Metodología aplicada

Tras la configuración de las bases de datos para cada uno de los países objeto de estudio de la presente Tesis Doctoral, la última etapa del marco metodológico consiste en la definición de los diferentes enfoques empíricos aplicados para alcanzar los objetivos delimitados en el primer capítulo.

A continuación, se definen las principales características y especificaciones de los distintos enfoques estadísticos y/o econométricos aplicados en cada una de las investigaciones vinculadas a los diferentes objetivos. En cada uno de los apartados, además de determinar la especificación teórica de los enfoques, se especifican los resultados previos de su aplicación a las diferentes bases de datos para cada uno de los objetivos definidos.

### 1.4.1. Modelos de datos de panel

La construcción de las bases de datos para España y Chile proporciona una estructura de datos de panel. La decisión de su utilización está basada en los argumentos siguientes:

- Muchos de los trabajos examinados, para analizar la accidentalidad de distintos países, regiones o provincias, utilizan un modelo de datos de panel, siendo el mejor modelo para analizar cómo influyen las características de cada una de las provincias o regiones en la accidentalidad.
- Ante la falta de datos u omisión de variables relevantes para el estudio, el modelo de datos de panel con efectos fijos recoge a través de una variable dummy para cada provincia o región esas variables omitidas.
- Cuando las variables tienen poca variabilidad en el tiempo, pero sí demuestran variabilidad entre provincias o regiones, los datos de panel permiten analizar de una manera más efectiva y consistente el problema objeto de este estudio.

La consecución de los objetivos I, II y III es alcanzada mediante la estimación de modelos de datos de panel con efectos fijos usando las variables seleccionadas para cada uno (Tablas 1.1, 1.2, 1.3) con la siguiente expresión para la provincia (España) o región (Chile)  $i$  durante el período  $t$ :

$$y_{it} = \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \dots + \beta_K X_{kit} + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad [1.2.]$$

Donde  $y_{it}$  son las tasas de mortalidad o de lesividad para la provincia (España) o región (Chile)  $i$  en el año  $t$ ,  $X_{kit}$  representan las variables independientes,  $\mu_i$  los interceptos específicos de cada provincia o región y finalmente  $\varepsilon_{it}$  el término del error.

La gran ventaja que reside en esta especificación es la capacidad del modelo para conocer no solo el efecto de los determinantes seleccionados sobre las tasas o riesgos de mortalidad y lesividad definidos, sino también las tasas o riesgos de mortalidad y/o lesividades provinciales (España) o regionales (Chile) ocasionadas por sus características específicas.

La elección entre efectos fijos o aleatorios la establece el hecho de que no exista correlación entre las variables explicativas y el efecto individual de cada provincia o región. Si existe correlación entre los regresores y los efectos provinciales o regionales, el modelo de efectos fijos produce estimaciones más consistentes. Para conseguir las mejores estimaciones en un modelo de efectos fijos mediante Mínimos Cuadrados Ordinarios deben cumplirse los siguientes supuestos (Pérez, 2008):

1.  $E[\mu_{it}] = 0$  para toda provincia o región.
2.  $\text{Var}[\mu_{it}] = \sigma^2$  para toda provincia o región y año de estudio.
3.  $\text{Cov}[\mu_{it}, \mu_{js}] = 0$  para toda provincia o región  $i$  distinta de la provincia o región  $j$  y para todo año  $t$  distinto de  $s$ .
4.  $\text{Cov}[\mu_{it}, X_{kit}] = 0$  para toda provincia o región  $i$  y para todo año de estudio  $t$ .
5.  $\mu_{it}$  sigue una distribución normal con media 0 y  $\text{Var}[\mu_{it}] = \sigma^2$ .

La correcta estimación de los modelos construidos para alcanzar los tres primeros objetivos es condición necesaria para conseguir estimaciones fiables y consistentes. Respecto al primer objetivo, para el caso de España, las estimaciones iniciales utilizando las variables seleccionadas (Tabla 1.1) muestran problemas econométricos en los modelos que deben resolverse para conseguir las mejores estimaciones. La prueba de Wooldridge indica que los tres modelos iniciales presentan autocorrelación de primer orden. El test modificado de Wald y el test de Levene indican la presencia de heterocedasticidad y los test de Pesaran CD muestran que en los modelos existe correlación contemporánea (Tabla 1.5). La elección de los efectos fijos se apoya en los resultados de la prueba de restricciones sobreidentificadas. Usando este test, se ha podido constatar que existe correlación entre los regresores y los efectos provinciales, por lo que el modelo de efectos fijos produce estimaciones más consistentes.

Tabla 1.5. Pruebas iniciales aplicadas a los modelos iniciales estimados construidos (objetivo I)

PRUEBAS		RIESGO DE MORTALIDAD	RIESGO DE LESIVIDAD GRAVE	RIESGO DE LESIVIDAD LEVE
<b>Prueba de Wald modificada (efectos fijos)</b>	Chi2 (50)	974,64	1.188,62	11.058,93
	Prob>chi2	0,000	0,000	0,000
<b>Prueba de Pesaran (efectos fijos)</b>	Prueba de Pesaran de independencia transversal	11,496	15,698	6,526
	Prob.	0,000	0,000	0,000
	Valor medio absoluto de los elementos fuera de la diagonal	0,296	0,332	0,357
	W0: F (49, 681)	2,1518780	5,2359722	7,8751043
<b>Prueba de Levene (efectos aleatorios)</b>	Prob>F	0,0000163	0,000	0,000
	W50: F (49, 681)	1,5479588	3,2322484	4,2299947
	Prob>F	0,01119976	0,000	0,000
	W10: F (49, 681)	2,0175852	4,7522893	7,1718680
<b>Prueba de Pesaran (efectos aleatorios)</b>	Prob>F	0,0008014	0,000	0,000
	Prueba de Pesaran de independencia transversal	24,910	23,268	7,422
	Prob.	0,000	0,000	0,000
	Valor medio absoluto de los elementos fuera de la diagonal	0,324	0,352	0,385
<b>Prueba de Wooldridge (efectos fijos y aleatorios)</b>	F (1,49)	24,482	34,766	93,983
	Prob>F	0,000	0,000	0,000
<b>Prueba de restricciones sobreidentificadas (efectos fijos y aleatorios)</b>	Chi-sq (13)	143,603	150,451	154,009
	P-valor	0,000	0,000	0,000

Las pruebas de restricciones sobreidentificadas aplicadas a los distintos modelos para Chile (objetivo II) indican que existe correlación entre los efectos fijos regionales y los regresores, por lo que es conveniente utilizar efectos fijos para estimar los modelos finales. El test de Wooldridge indica la ausencia de presencia de autocorrelación en todos los modelos salvo para el definido con la variable dependiente “riesgo de lesividad leve”. La prueba de Wald modificada evidencia que la existencia de heterocedasticidad en los cuatro modelos (Tabla 1.6) deberá ser controlada. Finalmente, el test de Pesaran indica presencia de correlación contemporánea únicamente en los modelos de riesgo de mortalidad y lesividad menos grave.

Tabla 1.6. Pruebas iniciales aplicadas a los modelos iniciales estimados construidos (objetivo II)

PRUEBAS		RIESGO DE MORTALIDAD	RIESGO DE LESIVIDAD GRAVE	RIESGO DE LESIVIDAD MENOS GRAVE	RIESGO DE LESIVIDAD LEVE
<b>Prueba de Wald modificada (efectos fijos)</b>	Chi2 (13)	2.003,06	126,37	932,62	3.114,70
	Prob>chi2	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
<b>Prueba de Pesaran (efectos fijos)</b>	Prueba de Pesaran de independencia transversal	2,431	0,187	2,551	0,519
	Prob.	0,0150	0,8520	0,0108	0,6036
	Valor medio absoluto de los elementos fuera de la diagonal	0,266	0,222	0,250	0,247
	W0: F (12, 207)	4,8336329	3,6516558	8,5117166	5,4157713
	Prob>F	0,00000054	0,00005534	0,0000	0,00000006
<b>Prueba de Levene (efectos aleatorios)</b>	W50: F (12, 207)	3,8824487	3,1417866	5,9623096	4,1372781
	Prob>F	0,00002247	0,00039612	0,00000001	0,00000829
	W10: F (12, 207)	4,7128749	3,6427785	7,9943620	5,0841227
	Prob>F	0,00000087	0,00005722	0,0000	0,00000020
<b>Prueba de Pesaran (efectos aleatorios)</b>	Prueba de Pesaran de independencia transversal	1,718	0,763	3,764	1,754
	Prob.	0,0858	0,4457	0,0002	0,0794
	Valor medio absoluto de los elementos fuera de la diagonal	0,273	0,238	0,269	0,255
<b>Prueba de Wooldridge (efectos fijos y aleatorios)</b>	F (1,12)	0,685	3,031	3,712	6,529
	Prob>F	0,4242	0,1072	0,0780	0,0252
<b>Prueba de restricciones sobreidentificadas (efectos fijos y aleatorios)</b>	Chi-sq (12)	5,09E+05	7.484,6	4,8E+04	1,0E+05
	P-valor	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Los modelos estimados para alcanzar el objetivo III deben ser estimados a través de efectos fijos considerando los resultados de las pruebas de restricciones sobreidentificadas para cada uno de ellos (Tabla 1.7). Además, las pruebas modificadas de Wald y las de Wooldridge revelan problemas de heterocedasticidad y autocorrelación de primer orden en todos los modelos y los test de Pesaran informan de presencia de correlación contemporánea en todos los modelos estimados, salvo para el riesgo de mortalidad (renta per cápita baja) y el riesgo de lesividad leve (renta per cápita alta).

Tabla 1.7. Pruebas iniciales aplicadas a los modelos iniciales estimados construidos (objetivo III)

PRUEBAS		PROVINCIAS DE RENTA PER CÁPITA BAJA			PROVINCIAS DE RENTA PER CÁPITA ALTA		
		Riesgo de mortalidad	Riesgo de lesividad grave	Riesgo de lesividad leve	Riesgo de mortalidad	Riesgo de lesividad grave	Riesgo de lesividad leve
Prueba de Wald modificada (efectos fijos)	Chi2 (33) / Chi2 (17)	735,99	531,97	1.387,66	30,62	306,40	1.349,29
	Prob>chi2	0,0000	0,0000	0,0000	0,0222	0,0000	0,0000
	Prueba de Pesaran de independencia transversal	1,840	10,166	5,811	3,927	2,985	1,421
Prueba de Pesaran (efectos fijos)	Prob.	0,0658	0,0000	0,0000	0,0001	0,0028	0,1554
	Valor medio absoluto de los elementos fuera de la diagonal	0,257	0,319	0,329	0,285	0,314	0,443
	W0: df (32, 455) / W0: df (16, 226)	2,5842393	5,6356482	6,6626128	1,13776157	3,2020337	5,5147547
Prueba de Levene (efectos aleatorios)	Prob>F	0,00000897	0,0000	0,0000	0,32135891	0,00005541	0,000000
	W50: df (32, 455) / W50: df (16, 226)	1,9324894	3,3220866	4,1575777	0,88337446	2,8432093	2,9977463
	Prob>F	0,00201916	0,00000001	0,0000	0,58907578	0,00030969	0,00014824
	W10: df (32, 455) / W10: df (16, 226)	2,5018713	5,0569627	6,1986890	1,07354884	3,0883220	4,8158196
Prueba de Pesaran (efectos aleatorios)	Prob>F	0,00001848	0,0000	0,0000	0,38161708	0,00009595	0,00000002
	Prueba de Pesaran de independencia transversal	5,907	12,231	4,101	8,472	5,977	0,225
	Prob.	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,8220
Prueba de Wooldridge (efectos fijos y aleatorios)	Valor medio absoluto de los elementos fuera de la diagonal	0,297	0,335	0,361	0,329	0,321	0,424
	F (1,32) / F (1,16)	8,581	19,465	39,364	28,539	8,640	120,159
Prueba de restricciones sobreidentificadas (efectos fijos y aleatorios)	Prob>F	0,0062	0,0001	0,0000	0,0001	0,0096	0,0000
	Chi-sq (14)	76,608	73,736	69,056	70,736	46,707	41,847
Prueba de restricciones sobreidentificadas (efectos fijos y aleatorios)	P-valor	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001

Para corregir los problemas derivados de la autocorrelación, heterocedasticidad y correlación contemporánea detectados en cada uno de los modelos estimados vinculados a los tres objetivos del trabajo se utilizan estimadores con Errores Estándar Corregidos para Panel (Panel Corrected Standard Errors, PCSE), que eliminan los problemas presentados por nuestros modelos iniciales para conseguir estimaciones consistentes y robustas. La elección de estos estimadores está basada en el estudio de Beck y Katz (1995) que muestra que los estimadores por Errores Estándar Corregidos para Panel son más precisos que los estimadores por Mínimos Cuadrados Generalizados Factibles.

Los Errores Estándar Corregidos para Panel en STATA aplican el método de regresión de Prais – Winsten. Este método permite realizar regresiones de modelos con variables explicativas estrictamente exógenas y con errores que siguen un proceso AR (1). Además, el comando utilizado en el paquete estadístico STATA para realizar los modelos presupone que los errores presentan también heterocedasticidad y correlación contemporánea entre las provincias o regiones, por lo que corrige también dichos problemas, produciendo las mejores estimaciones en base a esos problemas detectados.

La transformación de Prais – Winsten parte del siguiente modelo general:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \dots + \beta_k X_{kit} + \mu_{it} \quad [1.3]$$

Para  $t = 1, 2, 3, 4, \dots, T$ ;  $k = 1, 2, 3, 4, \dots, K$ ;  $i = 1, 2, 3, 4, \dots, I$

$$\mu_{it} = \rho u_{i,t-1} + \varepsilon_{it} \quad [1.4]$$

Siendo  $\mu_{it}$  la perturbación aleatoria con esquema AR (1) y  $\varepsilon_{it}$  un ruido blanco con varianza  $\sigma_\varepsilon^2$  y  $|\rho| < 1$ .

Considerando el modelo para los períodos  $t$  y  $t - 1$ :

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \dots + \beta_k X_{kit} + \mu_{it} \quad [1.5]$$

$$Y_{i,t-1} = \beta_0 + \beta_1 X_{1i,t-1} + \beta_2 X_{2i,t-1} + \dots + \beta_k X_{ki,t-1} + \mu_{i,t-1} \quad [1.6]$$

El modelo retardado un período se multiplica por  $\rho$ :

$$\begin{aligned} \rho Y_{i,t-1} &= \rho \beta_0 + \rho \beta_1 X_{1i,t-1} + \dots \\ &+ \rho \beta_2 X_{2i,t-1} + \dots + \rho \beta_k X_{ki,t-1} + \rho \mu_{i,t-1} \end{aligned} \quad [1.7]$$

Restando a la ecuación en t la ecuación en t - 1 multiplicada por  $\rho$ :

$$Y_{it} - \rho Y_{i,t-1} = (\beta_0 - \rho\beta_0) + (\beta_1 X_{1it} - \rho\beta_1 X_{1i,t-1}) + (\beta_2 X_{2it} - \rho\beta_2 X_{2i,t-1}) + \dots$$

$$\dots + (\beta_k X_{kit} - \rho\beta_k X_{ki,t-1}) + (\mu_{it} - \rho\mu_{i,t-1}) \quad [1.8]$$

Reordenando la ecuación se obtiene:

$$Y_{it} - \rho Y_{i,t-1} = \beta_0(1 - \rho) + \beta_1(X_{1it} - \rho X_{1i,t-1}) +$$

$$+ \beta_2(X_{2it} - \rho X_{2i,t-1}) + \beta_k(X_{kit} - \rho X_{ki,t-1}) + \varepsilon_{it} \quad [1.9]$$

Definiendo  $Y_{it}^* = Y_{it} - \rho Y_{i,t-1}$ ,  $X_{kit}^* = X_{kit} - \rho X_{ki,t-1}$ ,  $\beta_0^* = \beta_0(1 - \rho)$  y  $\mu_{it}^* = \mu_{it} - \rho\mu_{i,t-1} = \varepsilon_{it}$  se obtiene el modelo transformado:

$$Y_{it}^* = \beta_0^* + \beta_1 X_{1it}^* + \beta_2 X_{2it}^* + \dots + \beta_k X_{kit}^* + \mu_{it}^* \quad [1.10]$$

$$t = 1, 2, 3, 4, \dots, T; \quad k = 1, 2, 3, 4, \dots, K; \quad i = 1, 2, 3, 4, \dots, I$$

Para evitar la pérdida de una observación debido al uso de diferencias por la transformación realizada, se define el modelo para  $t = 1$  y para  $t \neq 1$ :

$$Y_{i1}^* = Y_{i1} \sqrt{1 - \rho^2}, \quad X_{ki1}^* = X_{ki1} \sqrt{1 - \rho^2}, \quad \mu_{i1}^* = \mu_{i1} \sqrt{1 - \rho^2} \quad [1.11]$$

$$t = 1; \quad i = 1, 2, 3, 4, \dots, I$$

$$Y_{it}^* = Y_{it} - \rho Y_{i,t-1}, \quad X_{kit}^* = X_{kit} - \rho X_{ki,t-1}, \quad \beta_0^* = \beta_0(1 - \rho) \quad \mu_{it}^* = \varepsilon_{it} \quad [1.12]$$

$$t = 2, 3, 4, \dots, T; \quad i = 1, 2, 3, 4, \dots, I$$

Tras la estimación a través de PCSE, los modelos definidos asociados al objetivo I se expresan en la Tabla 1.8 con un nivel de confianza del 95%. Los efectos fijos provinciales se incorporan a través de variables dummy para cada una de las provincias, suprimiendo la constante para evitar generar multicolinealidad. Respecto a esta, la multicolinealidad que inicialmente provoca la densidad de población se elimina aplicando primeras diferencias a esta variable, por lo que la variable final que se incorpora a los modelos es la variación anual de la densidad de población. Así, el valor medio de VIF es 2,75. Este valor, inferior a 10, cumple con la regla estándar. Ningún VIF individual proporciona valores mayores de 10. El control de la autocorrelación en los modelos se realiza considerando dos especificaciones distintas sobre el término autorregresivo: la primera especificación implica la asunción de existencia de autocorrelación con similar término autorregresivo para las provincias de España. La segunda especificación supone autocorrelación con distinto término autorregresivo para cada una de las provincias de España.

Tabla 1.8. Modelos econométricos construidos (objetivo I)

MODELO ECONOMÉTRICO	
<p><b>Riesgo de mortalidad (Modelo 1)</b></p>	<p><b>Riesgo de mortalidad</b> = <math>\beta_1</math>permiso de conducción por puntos + <math>\beta_2</math> volumen de tráfico + <math>\beta_3</math> tasa de motorización + <math>\beta_4</math> variación anual de la densidad de población + <math>\beta_5</math> tasa de desempleo + <math>\beta_6</math> precipitaciones + <math>\beta_7</math> proporción de vías de alta capacidad + <math>\beta_8</math> inversión en reposición por kilómetro + <math>\beta_9</math> inversión en construcción por kilómetro + <math>\beta_{10}</math> inversión en reposición por kilómetro retardada un período + <math>\beta_{11}</math> inversión en construcción por kilómetro retardada un período + <math>\beta_{12}</math> inversión en reposición por kilómetro retardada dos períodos + <math>\beta_{13}</math> inversión en construcción por kilómetro retardada dos períodos + <math>\sum_{i=1}^{50} \alpha_i provincia + \mu_t^*</math></p>
<p><b>Riesgo de lesividad grave (Modelo 2)</b></p>	<p><b>Riesgo de lesividad grave</b> = <math>\beta_1</math>permiso de conducción por puntos + <math>\beta_2</math> volumen de tráfico + <math>\beta_3</math> tasa de motorización + <math>\beta_4</math> variación anual de la densidad de población + <math>\beta_5</math> tasa de desempleo + <math>\beta_6</math> precipitaciones + <math>\beta_7</math> proporción de vías de alta capacidad + <math>\beta_8</math> inversión en reposición por kilómetro + <math>\beta_9</math> inversión en construcción por kilómetro + <math>\beta_{10}</math> inversión en reposición por kilómetro retardada un período + <math>\beta_{11}</math> inversión en construcción por kilómetro retardada un período + <math>\beta_{12}</math> inversión en reposición por kilómetro retardada dos períodos + <math>\beta_{13}</math> inversión en construcción por kilómetro retardada dos períodos + <math>\sum_{i=1}^{50} \alpha_i provincia + \mu_t^*</math></p>
<p><b>Riesgo de lesividad leve (Modelo 3)</b></p>	<p><b>Riesgo de lesividad leve</b> = <math>\beta_1</math>permiso de conducción por puntos + <math>\beta_2</math> volumen de tráfico + <math>\beta_3</math> tasa de motorización + <math>\beta_4</math> variación anual de la densidad de población + <math>\beta_5</math> tasa de desempleo + <math>\beta_6</math> precipitaciones + <math>\beta_7</math> proporción de vías de alta capacidad + <math>\beta_8</math> inversión en reposición por kilómetro + <math>\beta_9</math> inversión en construcción por kilómetro + <math>\beta_{10}</math> inversión en reposición por kilómetro retardada un período + <math>\beta_{11}</math> inversión en construcción por kilómetro retardada un período + <math>\beta_{12}</math> inversión en reposición por kilómetro retardada dos períodos + <math>\beta_{13}</math> inversión en construcción por kilómetro retardada dos períodos + <math>\sum_{i=1}^{50} \alpha_i provincia + \mu_t^*</math></p>

Tras el control de los problemas evidenciados con las pruebas aplicadas a las primeras estimaciones para Chile (Tabla 1.6) se definen los modelos para cada uno de los riesgos definidos relacionados con el objetivo II con un nivel de confianza del 95% (Tabla 1.9). Los efectos fijos regionales se incorporan a los modelos a través de 13 variables dummy, suprimiendo la constante para evitar la multicolinealidad. La multicolinealidad ocasionada por las variables “densidad de población” y “proporción de vías de alta capacidad” obliga a, de forma similar al anterior objetivo, aplicar primeras diferencias. Por ello, los factores finalmente usados para alcanzar el segundo objetivo son la “variación anual de la densidad de población” y la “variación anual de la proporción de vías de alta capacidad”. Con ello, el VIF conjunto de las variables es de 2,81 y los valores VIF individuales no superan el valor límite de 10.

Tabla 1.9. Modelos econométricos contruidos (objetivo II)

MODELO ECONOMÉTRICO	
<b>Riesgo de mortalidad (Modelo 1)</b>	<b>Riesgo de mortalidad</b> = $\beta_1$ Ley de Tránsito + $\beta_2$ Ley de Tolerancia Cero + $\beta_3$ tasa de motorización + $\beta_4$ variación anual de la densidad de población + $\beta_5$ tasa de desocupación + $\beta_6$ precipitaciones + $\beta_7$ proporción de vías sin pavimentar + $\beta_8$ variación anual de la proporción de vías de alta capacidad + $\beta_9$ inversión en reposición por kilómetro + $\beta_{10}$ inversión en construcción por kilómetro + $\beta_{11}$ inversión en reposición por kilómetro retardada un período + $\beta_{12}$ inversión en construcción por kilómetro retardada un período + $\sum_{i=1}^{13} \alpha_i \text{ región} + \mu_t^*$
<b>Riesgo de lesividad grave (Modelo 2)</b>	<b>Riesgo de lesividad grave</b> = $\beta_1$ Ley de Tránsito + $\beta_2$ Ley de Tolerancia Cero + $\beta_3$ tasa de motorización + $\beta_4$ variación anual de la densidad de población + $\beta_5$ tasa de desocupación + $\beta_6$ precipitaciones + $\beta_7$ proporción de vías sin pavimentar + $\beta_8$ variación anual de la proporción de vías de alta capacidad + $\beta_9$ inversión en reposición por kilómetro + $\beta_{10}$ inversión en construcción por kilómetro + $\beta_{11}$ inversión en reposición por kilómetro retardada un período + $\beta_{12}$ inversión en construcción por kilómetro retardada un período + $\sum_{i=1}^{13} \alpha_i \text{ región} + \mu_t^*$
<b>Riesgo de lesividad menos grave (Modelo 3)</b>	<b>Riesgo de lesividad menos grave</b> = $\beta_1$ Ley de Tránsito + $\beta_2$ Ley de Tolerancia Cero + $\beta_3$ tasa de motorización + $\beta_4$ variación anual de la densidad de población + $\beta_5$ tasa de desocupación + $\beta_6$ precipitaciones + $\beta_7$ proporción de vías sin pavimentar + $\beta_8$ variación anual de la proporción de vías de alta capacidad + $\beta_9$ inversión en reposición por kilómetro + $\beta_{10}$ inversión en construcción por kilómetro + $\beta_{11}$ inversión en reposición por kilómetro retardada un período + $\beta_{12}$ inversión en construcción por kilómetro retardada un período + $\sum_{i=1}^{13} \alpha_i \text{ región} + \mu_t^*$
<b>Riesgo de lesividad leve (Modelo 4)</b>	<b>Riesgo de lesividad leve</b> = $\beta_1$ Ley de Tránsito + $\beta_2$ Ley de Tolerancia Cero + $\beta_3$ tasa de motorización + $\beta_4$ variación anual de la densidad de población + $\beta_5$ tasa de desocupación + $\beta_6$ precipitaciones + $\beta_7$ proporción de vías sin pavimentar + $\beta_8$ variación anual de la proporción de vías de alta capacidad + $\beta_9$ inversión en reposición por kilómetro + $\beta_{10}$ inversión en construcción por kilómetro + $\beta_{11}$ inversión en reposición por kilómetro retardada un período + $\beta_{12}$ inversión en construcción por kilómetro retardada un período + $\sum_{i=1}^{13} \alpha_i \text{ región} + \mu_t^*$

Por último, las expresiones de los modelos contruidos para cada una de las provincias españolas se definen en la tabla 1.10 De manera similar a los dos primeros objetivos, se construyen con un nivel de confianza del 95%, incorporando variables dummy en cada uno de los grupos para conseguir el objetivo propuesto. La densidad de población sigue generando problemas de multicolinealidad, por lo que esta se elimina aplicando primeras diferencias. Tras este control, no se produce multicolinealidad en ninguno de los modelos, con valores de VIF inferiores al límite de 10. El VIF medio para el grupo de renta per cápita baja es 2,55 y 4,06 para el de renta per cápita alta. La presencia de autocorrelación en todos los modelos en los dos grupos de provincias permite estimarlos asumiendo, por un lado, una estructura autorregresiva común para todos los paneles de provincia y, por otro lado, una estructura autorregresiva para cada uno de los paneles provinciales.

Los modelos definidos para los tres primeros objetivos incorporan los dos tipos de inversiones seleccionados retardadas uno y/o dos períodos, dependiendo del objetivo analizado,

para examinar la efectividad del esfuerzo inversor del año previo en el riesgo de mortalidad o lesividad del año en curso. Por ello, las observaciones del primer y/o segundo año de los períodos no son utilizadas por STATA para obtener las estimaciones finales.

Tabla 1.10. Modelos econométricos contruidos para cada grupo de provincias (objetivo III)

MODELO ECONOMÉTRICO	
Riesgo de mortalidad (Modelo 1)	<p><b>Riesgo de mortalidad</b> = <math>\beta_1</math>Producto Interior Bruto real + <math>\beta_2</math> tasa de desempleo + <math>\beta_3</math> permiso de conducción por puntos + <math>\beta_4</math> volumen de tráfico + <math>\beta_5</math> tasa de motorización + <math>\beta_6</math> variación anual de la densidad de población + <math>\beta_7</math> precipitaciones + <math>\beta_8</math> proporción de vías de alta capacidad + <math>\beta_9</math> inversión en reposición por km + <math>\beta_{10}</math> inversión en construcción por km + <math>\beta_{11}</math> inversión en reposición por km (retardado un período) + <math>\beta_{12}</math> inversión en construcción por km (retardada en un período) + <math>\beta_{13}</math> inversión en reposición por km (retardadas dos períodos) + <math>\beta_{14}</math> inversión en construcción por km (retardada dos períodos) + <math>\sum_1^i \alpha_i</math> provincia + <math>\mu_i^*</math></p>
Riesgo de mortalidad (Modelo 2)	<p><b>Riesgo de lesividad grave</b> = <math>\beta_1</math>Producto Interior Bruto real + <math>\beta_2</math> tasa de desempleo + <math>\beta_3</math> permiso de conducción por puntos + <math>\beta_4</math> volumen de tráfico + <math>\beta_5</math> tasa de motorización + <math>\beta_6</math> variación anual de la densidad de población + <math>\beta_7</math> precipitaciones + <math>\beta_8</math> proporción de vías de alta capacidad + <math>\beta_9</math> inversión en reposición por km + <math>\beta_{10}</math> inversión en construcción por km + <math>\beta_{11}</math> inversión en reposición por km (retardado un período) + <math>\beta_{12}</math> inversión en construcción por km (retardada en un período) + <math>\beta_{13}</math> inversión en reposición por km (retardadas dos períodos) + <math>\beta_{14}</math> inversión en construcción por km (retardada dos períodos) + <math>\sum_1^i \alpha_i</math> provincia + <math>\mu_i^*</math></p>
Riesgo de mortalidad (Modelo 3)	<p><b>Riesgo de lesividad leve</b> = <math>\beta_1</math>Producto Interior Bruto real + <math>\beta_2</math> tasa de desempleo + <math>\beta_3</math> permiso de conducción por puntos + <math>\beta_4</math> volumen de tráfico + <math>\beta_5</math> tasa de motorización + <math>\beta_6</math> variación anual de la densidad de población + <math>\beta_7</math> precipitaciones + <math>\beta_8</math> proporción de vías de alta capacidad + <math>\beta_9</math> inversión en reposición por km + <math>\beta_{10}</math> inversión en construcción por km + <math>\beta_{11}</math> inversión en reposición por km (retardado un período) + <math>\beta_{12}</math> inversión en construcción por km (retardada en un período) + <math>\beta_{13}</math> inversión en reposición por km (retardadas dos períodos) + <math>\beta_{14}</math> inversión en construcción por km (retardada dos períodos) + <math>\sum_1^i \alpha_i</math> provincia + <math>\mu_i^*</math></p>

Nota: Índice i se refiere a los efectos fijos provinciales en las provincias de renta per cápita baja que están entre 1 y 33. El mismo índice para las provincias de renta per cápita alta está entre 1 y 17.

### 1.4.2. Indicadores de ahorro y análisis clúster

El examen de los factores determinantes de los accidentes de tráfico para España induce a pensar que el diferente riesgo de mortalidad y lesividad para las provincias españolas puede tener repercusiones económicas distinta para ellas en cuanto al ahorro de costes.

Por ello, para alcanzar el objetivo cuarto la metodología se define en dos fases. La primera fase consta de la selección de variables, definición de períodos de estudio, valoración del coste de prevenir un muerto o herido en accidentes de tráfico y la definición de los indicadores. En la segunda fase, se estratifican las provincias españolas en base a un conjunto de factores determinantes y se promedian los indicadores para cada uno de los grupos.

En primer lugar, a partir de la base de datos construida se seleccionan las variables que van a ser utilizadas en el análisis coste-beneficio. Se seleccionan las variables muertos, heridos graves, heridos leves, riesgo de mortalidad, riesgo de lesividad grave, riesgo de lesividad leve, población y PIB (expresado en precios de 2014).

En el estudio se definen dos períodos delimitados en base a la aplicación del permiso de conducción por puntos: 2000-2005, con ausencia del permiso, y 2006-2014, en el que el permiso de conducción por puntos está vigente. La efectividad constatada de esta medida desde su entrada en vigor (Novoa et al., 2010; Pulido et al., 2010) justifica la elección de 2006 como año para delimitar los períodos.

Se diferencian los resultados por tipos de víctima según gravedad de la lesión conforme establecen la Orden del Ministerio de Relaciones con las Cortes y de la Secretaría de Gobierno, (1993) por la que se modifica la estadística de accidentes de circulación y las definiciones establecidas por la Unión Europea en el Glosario de Transporte (Eurostat, ITF y UNECE, 2010). Como se ha expuesto anteriormente, se define como muerto *“a toda persona que, como consecuencia del accidente, fallece en el acto o dentro de los treinta días siguientes”*, herido grave *“a toda persona herida en un accidente de circulación y cuyo estado precise una hospitalización superior a veinticuatro horas”* y herido leve *“a toda persona herida en un accidente de circulación al que no pueda aplicarse la definición de herido grave”*. Se utilizan las observaciones de los Anuarios Estadísticos de Accidentes (Dirección General de Tráfico, 2016a), al ser considerada la fuente de registro más precisa para la evaluación económica de la accidentalidad (Lladó y Roig, 2007). En la Tabla 1.11 se presentan las tasas de mortalidad y lesividad de todas las provincias españolas en los dos períodos definidos. Con esta información, se puede advertir la gran disparidad en los riesgos de mortalidad y lesividad entre las provincias españolas, además de evidenciarse la desigual evolución experimentada por las provincias españolas en los dos períodos definidos.

Tabla 1.11. Tasas medias de mortalidad, lesividad grave y lesividad leve provinciales en 2000-2005 y 2006-2014

	Por cada 1.000 habitantes						Por cada millón de vehículos-kilómetros recorridos					
	TASA DE MORTALIDAD		TASA DE LESIVIDAD GRAVE		TASA DE LESIVIDAD LEVE		TASA DE MORTALIDAD		TASA DE LESIVIDAD GRAVE		TASA DE LESIVIDAD LEVE	
	2000 - 2005	2006 - 2014	2000 - 2005	2006 - 2014	2000 - 2005	2006 - 2014	2000 - 2005	2006 - 2014	2000 - 2005	2006 - 2014	2000 - 2005	2006 - 2014
<b>A Coruña</b>	0,136	0,065	0,713	0,324	1,557	0,851	0,025	0,010	0,129	0,052	0,282	0,139
<b>Álava</b>	0,137	0,048	0,572	0,202	2,134	1,341	0,022	0,008	0,093	0,033	0,344	0,222
<b>Albacete</b>	0,152	0,079	0,569	0,286	1,947	0,852	0,021	0,011	0,079	0,040	0,269	0,119
<b>Alicante</b>	0,096	0,036	0,452	0,179	1,366	0,920	0,020	0,008	0,094	0,040	0,281	0,210
<b>Almería</b>	0,165	0,059	0,737	0,342	1,595	1,245	0,028	0,012	0,124	0,066	0,270	0,258

Asturias	0,092	0,042	0,368	0,172	2,028	1,591	0,018	0,008	0,074	0,032	0,403	0,298
Ávila	0,233	0,123	1,359	0,700	2,533	2,226	0,029	0,014	0,166	0,080	0,313	0,257
Badajoz	0,116	0,066	0,412	0,216	0,988	0,912	0,024	0,013	0,086	0,042	0,205	0,179
Barcelona	0,048	0,019	0,192	0,095	0,524	1,068	0,012	0,005	0,049	0,025	0,132	0,291
Burgos	0,227	0,099	0,851	0,462	3,240	1,750	0,023	0,010	0,087	0,048	0,329	0,183
Cáceres	0,152	0,065	0,518	0,240	1,866	1,462	0,026	0,010	0,087	0,036	0,314	0,217
Cádiz	0,076	0,034	0,351	0,171	1,392	1,104	0,022	0,009	0,100	0,045	0,393	0,289
Cantabria	0,081	0,040	0,353	0,177	2,164	1,778	0,012	0,005	0,052	0,024	0,314	0,246
Castellón	0,182	0,067	0,559	0,266	1,525	1,015	0,026	0,011	0,080	0,042	0,218	0,167
Ciudad Real	0,148	0,075	0,572	0,262	1,682	1,101	0,025	0,012	0,095	0,042	0,279	0,181
Córdoba	0,080	0,045	0,355	0,168	1,348	1,022	0,020	0,012	0,089	0,043	0,336	0,266
Cuenca	0,293	0,147	1,223	0,636	3,765	2,344	0,021	0,010	0,088	0,044	0,270	0,166
Girona	0,175	0,078	0,586	0,251	1,514	2,392	0,021	0,011	0,069	0,035	0,175	0,332
Granada	0,131	0,060	0,645	0,348	1,546	1,380	0,023	0,010	0,111	0,058	0,264	0,238
Guadalajara	0,189	0,072	0,743	0,299	1,844	1,084	0,019	0,008	0,075	0,034	0,186	0,128
Guipúzcoa	0,083	0,032	0,374	0,195	2,274	1,702	0,017	0,006	0,077	0,040	0,471	0,346
Huelva	0,128	0,064	0,543	0,260	1,492	1,445	0,024	0,012	0,101	0,048	0,275	0,274
Huesca	0,309	0,147	1,327	0,704	3,080	1,942	0,030	0,014	0,130	0,068	0,302	0,190
Islas Balears	0,120	0,051	0,598	0,297	1,896	1,426	0,018	0,008	0,091	0,044	0,288	0,212
Jaén	0,093	0,055	0,468	0,233	1,360	1,103	0,020	0,012	0,102	0,051	0,293	0,244
Las Palmas	0,077	0,028	0,228	0,087	0,929	0,826	0,010	0,006	0,030	0,018	0,124	0,170
León	0,137	0,082	0,506	0,292	2,011	1,613	0,020	0,011	0,072	0,038	0,286	0,213
Lleida	0,247	0,113	0,834	0,340	2,030	2,758	0,027	0,013	0,091	0,039	0,223	0,318
Lugo	0,233	0,114	0,863	0,436	3,118	1,195	0,032	0,014	0,119	0,052	0,431	0,145
Madrid	0,040	0,017	0,120	0,054	0,810	0,772	0,011	0,005	0,033	0,015	0,220	0,222
Málaga	0,074	0,034	0,371	0,144	1,103	0,759	0,015	0,007	0,075	0,030	0,222	0,163
Murcia	0,111	0,046	0,455	0,212	1,373	0,769	0,022	0,009	0,090	0,041	0,271	0,154
Navarra	0,145	0,054	0,312	0,109	0,785	0,614	0,026	0,009	0,057	0,017	0,141	0,099
Ourense	0,147	0,084	0,477	0,290	1,560	0,655	0,024	0,012	0,077	0,041	0,254	0,093
Palencia	0,218	0,106	0,844	0,412	2,309	1,538	0,028	0,012	0,109	0,047	0,297	0,173
Pontevedra	0,101	0,053	0,582	0,266	1,699	2,279	0,019	0,009	0,110	0,047	0,318	0,399
La Rioja	0,176	0,068	0,375	0,145	1,786	1,258	0,030	0,011	0,063	0,024	0,298	0,210
Salamanca	0,136	0,064	0,361	0,271	1,447	1,349	0,023	0,011	0,063	0,045	0,249	0,224
Segovia	0,265	0,099	0,970	0,477	2,708	1,969	0,024	0,008	0,088	0,040	0,243	0,165
Sevilla	0,073	0,035	0,282	0,157	0,929	1,027	0,020	0,009	0,077	0,041	0,252	0,271
Soria	0,410	0,166	1,376	0,696	3,453	2,166	0,036	0,014	0,119	0,058	0,299	0,180
Santa Cruz de Tenerife	0,072	0,028	0,350	0,199	0,657	1,190	0,007	0,005	0,036	0,034	0,068	0,215
Tarragona	0,183	0,074	0,667	0,239	1,620	2,046	0,024	0,011	0,088	0,034	0,212	0,296
Teruel	0,232	0,106	0,761	0,417	2,526	1,435	0,029	0,012	0,094	0,048	0,312	0,164
Toledo	0,193	0,080	0,794	0,277	1,981	1,555	0,021	0,009	0,085	0,030	0,211	0,171
Valencia	0,074	0,033	0,332	0,143	0,855	0,948	0,016	0,007	0,072	0,031	0,185	0,209
Valladolid	0,119	0,053	0,440	0,219	1,293	1,072	0,023	0,009	0,083	0,039	0,244	0,189
Vizcaya	0,055	0,020	0,266	0,095	2,270	1,311	0,013	0,005	0,062	0,022	0,523	0,299
Zamora	0,220	0,103	0,915	0,369	1,944	0,941	0,023	0,010	0,093	0,036	0,197	0,092
Zaragoza	0,117	0,052	0,493	0,197	1,237	1,006	0,023	0,010	0,096	0,039	0,243	0,199
España	<b>0,100</b>	<b>0,045</b>	<b>0,404</b>	<b>0,189</b>	<b>1,317</b>	<b>1,163</b>	<b>0,019</b>	<b>0,008</b>	<b>0,075</b>	<b>0,036</b>	<b>0,246</b>	<b>0,224</b>

Para cuantificar los ahorros de costes se utilizan los valores obtenidos por dos estudios financiados por la DGT (Abellán et al., 2011a, 2011b; Martínez et al., 2015). En precios de 2011, cuantificaron en 1.400.000 € el valor de prevenir un fallecido, 219.000 € el de un herido no mortal

(grave) y 6.100 € el de un herido no mortal (leve), basando su valoración en el valor de una vida estadística mediante el método de disponibilidad a pagar, las pérdidas netas de output (brutas para los heridos) y los costes médicos. Se emplean estas cifras por dos motivos: primero, por ser las cifras oficiales que maneja la DGT (Dirección General de Tráfico, 2013) y segundo, porque el método utilizado para su obtención, el método de disposición a pagar es el más usado para valorar el coste de la accidentalidad de los países (Elvik, 1995; Mohamed, 2015). Mishan (1971) sugirió que este método es el más idóneo para valorar económicamente los accidentes de tráfico, ya que con él son los individuos los que establecen qué cantidad de dinero estarían dispuestos a pagar por reducir el riesgo de sufrir un siniestro vial. En la presente investigación, con el fin de conseguir costes más homogéneos y comparables, se expresan estos costes en euros de 2014 mediante el Índice de Precios al Consumo (IPC) (Instituto Nacional de Estadística, 2015a) y con la tasa de crecimiento del PIB per cápita real de España (Instituto Nacional de Estadística, 2015b, 2016) se actualizan para cada año, consiguiendo la pretendida homogeneidad y comparabilidad, cambiando ligeramente cada año por la variación de la renta real.

Se construyen tres indicadores por cada tipo de víctima para conseguir el objetivo de análisis. Se define el término víctima evitada como la diferencia entre el número de víctimas en el año  $t$  y las del año  $t + 1$ , en base a la metodología empleada en otras investigaciones (García-Altés et al., 2013). La elección del cálculo de esa diferencia entre años consecutivos en lugar de obtenerla respecto a un año base pretendió evitar una sobreestimación del ahorro de costes. Además, con esa definición se pueden tener en cuenta las medidas y acciones realizadas en seguridad vial anualmente en cada una de las provincias españolas en los períodos definidos. El ahorro de costes anual se exprese en función del PIB, de la población y del número de kilómetros que se recorren en las vías interurbanas (millón de vehículos-kilómetros recorridos, MVKR) (Ministerio de Fomento, 2017). El índice  $t$  indica el año de estudio y  $n$  el número de años que comprenden los períodos establecidos:

#### **INDICADOR 1. AHORRO MEDIO ANUAL POR HABITANTE POR NÚMERO DE VÍCTIMAS EVITADAS**

$$\Sigma \left( \frac{(\text{Víctimas según gravedad de la lesión}_t - \text{Víctimas según gravedad de la lesión}_{t+1}) \times \text{Coste víctima}_{t+1}}{\text{Población}_{t+1}} \right) // n$$

#### **INDICADOR 2. % SOBRE PIB DEL AHORRO MEDIO ANUAL POR NÚMERO DE VÍCTIMAS EVITADAS**

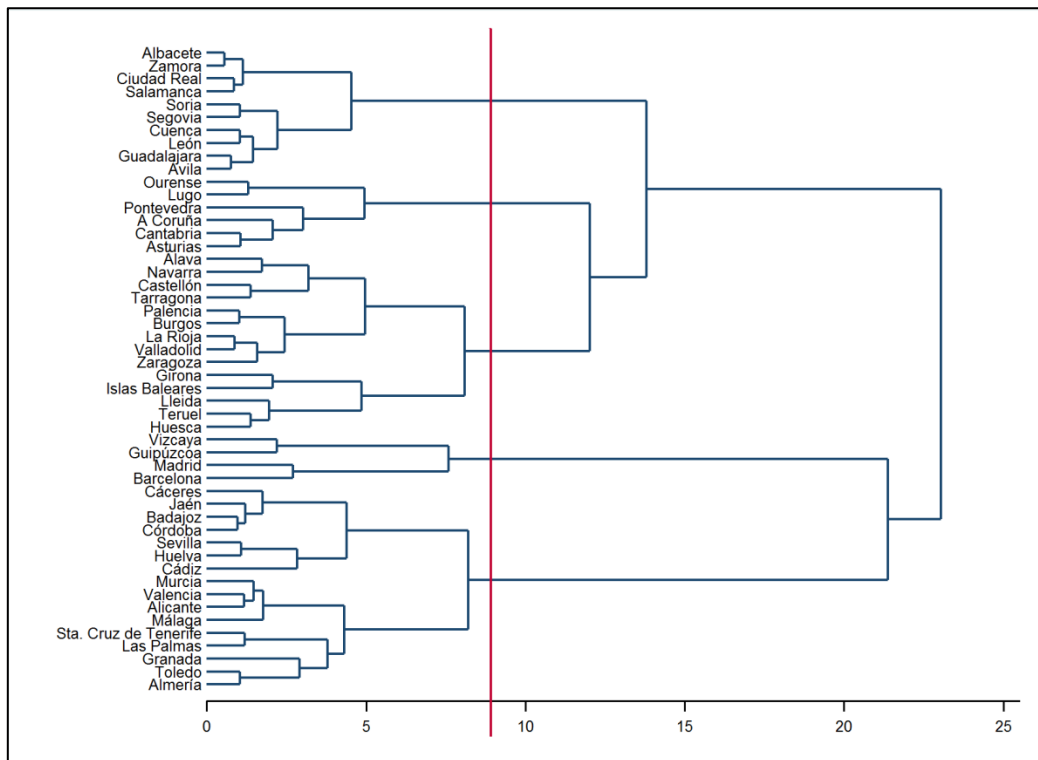
$$\Sigma \left( \frac{(\text{Víctimas según gravedad de la lesión}_t - \text{Víctimas según gravedad de la lesión}_{t+1}) \times \text{Coste víctima}_{t+1}}{\text{Producto Interior Bruto}_{t+1}} \right) // n$$

**INDICADOR 3. AHORRO MEDIO ANUAL POR MILLÓN DE VEHÍCULOS-KILÓMETROS RECORRIDOS (MVKR) POR NÚMERO DE VÍCTIMAS EVITADAS**

$$\Sigma \left( \left( \frac{(\text{Victimas según gravedad de la lesión}_t)}{\text{Millón de veh - km recorridos}_t} \right) - \left( \frac{(\text{Victimas según gravedad de la lesión}_{t+1})}{\text{Millón de veh - km recorridos}_{t+1}} \right) \times \text{Coste víctima}_{t+1} \right) / n$$

En la segunda fase, se aplica un análisis clúster para estratificar las provincias españolas. Este análisis permite controlar el sesgo de confusión (Escuela Nacional de Sanidad, 2009). Se seleccionan ocho variables de control (Sánchez et al., 2018b): PIB per cápita, tasa de paro, altura, precipitaciones, densidad de población, tasa de motorización, proporción de vías de alta capacidad e inversión por kilómetro de vía interurbana. Se realizó la agrupación en STATA aplicando el método de Ward, principalmente por su capacidad para minimizar la varianza intragrupos, lo que evidenció grupos de provincias más homogéneos que con otros métodos. Las variables se tipifican antes del análisis para evitar que las diferentes escalas distorsionen la agrupación. En la figura 1.1 se observa el dendograma obtenido mediante el método de Ward, estratificando las provincias españolas en cinco grupos.

Figura 1.1. Dendograma obtenido con el análisis clúster



Finalmente, se obtiene la media en cada grupo de los resultados alcanzados en los tres indicadores. Con ello, la hipótesis de partida de trabajo fue la consecución de mayores beneficios económicos durante el período de vigencia definido del permiso de conducción por puntos respecto al período previo a su implementación en todos los estratos de provincias. La Tabla 1.12 presenta la composición y las características que definen a cada estrato de provincias. Así, se calcula el peso que representan los ahorros de costes obtenidos a través de los tres indicadores respecto al coste medio anual en cada uno de los grupos.

Tabla 1.12. Composición y características de los clústeres de provincias

	PROVINCIAS	PIB PER CÁPITA	TASA PARO	PRECIPITACIONES	ALTURA	DENSIDAD POBLACIÓN	TASA DE MOTORIZACIÓN	PROPORCIÓN VIAS ALTA CAPACIDAD	INVERSIÓN POR KILÓMETRO
<b>Grupo 1</b>	Alicante, Almería, Badajoz, Cáceres, Cádiz, Córdoba, Granada, Huelva, Jaén, Las Palmas, Málaga, Murcia, Sevilla, Santa Cruz de Tenerife, Toledo, Valencia	18.523,9	20,6	415,8	431,5	131,3	617,0	10,8	43,8
<b>Grupo 2</b>	Albacete, Ávila, Ciudad Real, Cuenca, Guadalajara, León, Salamanca, Segovia, Soria, Zamora	20.276,8	14,0	442,5	893,2	21,4	640,2	5,5	21,8
<b>Grupo 3</b>	A Coruña, Asturias, Cantabria, Lugo, Ourense, Pontevedra	20.591,2	13,0	1.138,0	371,7	107,3	630,9	6,3	49,3
<b>Grupo 4</b>	Álava, Burgos, Castellón, Girona, Huesca, Islas Baleares, Lleida, Navarra, Palencia, La Rioja, Tarragona, Teruel, Valladolid, Zaragoza	27.176,4	11,7	490,9	584,7	69,6	661,4	7,9	39,0
<b>Grupo 5</b>	Barcelona, Guipúzcoa, Madrid, Vizcaya	30.396,0	11,3	901,9	381,6	580,5	601,8	18,0	93,2

## 1.5. Conclusiones

Las investigaciones aportan a la comunidad científica una fuente de conocimiento continuo. Para ello, es imprescindible que los investigadores realicen completas revisiones de la literatura científica y definan con la mayor precisión y objetividad el enfoque o marco metodológico a seguir en sus estudios.

El marco metodológico expuesto en este capítulo permite no solamente conocer las diferentes fases definidas en la presente Tesis Doctoral, sino también valorar la contribución a la comunidad científica que representan las bases de datos construidas y las diferentes técnicas estadísticas y econométricas aplicadas.

Las bases de datos configuradas con las diversas variables dependientes e independientes seleccionadas constituyen un gran conjunto de información vinculada a las unidades territoriales más pequeñas en España y en Chile. Precisamente, esta caracterización es la que las define como singulares para los investigadores preocupados por dar respuestas a la sociedad respecto a la seguridad vial. Así, el compendio de indicadores de siniestralidad vial y factores explicativos constituyen una herramienta útil para la sociedad científica, con un gran potencial para servir de guía a futuros investigadores preocupados por la seguridad vial.

Las técnicas aplicadas para conseguir los objetivos delimitados se adecúan perfectamente a la estructura de los datos. Las ventajas de estas técnicas proporcionan un adecuado trabajo de las bases de datos construidas y permiten abordar con total objetividad el estudio de los accidentes de tráfico como complejo problema de salud pública.

CAPÍTULO II. FACTORES  
DETERMINANTES DE LA SINIESTRALIDAD  
VIAL

---



## 2.1. Introducción

El análisis de los factores determinantes del riesgo de mortalidad y lesividad para las provincias españolas y las regiones chilenas ofrece resultados de gran utilidad para la comunidad científica. Aplicando la metodología de datos de panel, se ha estimado el efecto de diferentes factores explicativos en las tasas de mortalidad y lesividad en España y Chile, lo que permite caracterizar la siniestralidad vial no sólo de estos países sino de sus unidades territoriales más pequeñas.

El segundo apartado del presente capítulo expone los principales resultados obtenidos con la metodología aplicada referida en el apartado 1.4 de esta Tesis Doctoral, diferenciándose los determinantes generales de la siniestralidad vial en España del efecto caracterizador de las provincias españolas en el riesgo de fallecer o sufrir lesiones por accidente de tráfico en vías interurbanas.

El tercer apartado presenta los principales hallazgos encontrados para el caso de Chile tras la aplicación de la metodología determinada en el primer capítulo, diferenciándose de la misma forma qué factores son los que explican el riesgo de mortalidad o lesividad en vías rurales de la distribución geográfica de dichos riesgos en cada una de las regiones chilenas.

Finalmente, el cuarto apartado ofrece una panorámica de las conclusiones más relevantes obtenidas con los dos estudios.

## 2.2. Factores determinantes de la siniestralidad vial en España

Los principales objetivos de la investigación denominada *“Impact of provincial characteristics on the number of traffic accident victims on interurban roads in Spain”* publicada en *Accident Analysis and Prevention* se centran, por un lado, en averiguar cómo diversos factores impactan de forma diferente en los riesgos de mortalidad, lesividad grave y lesividad leve en las vías interurbanas en España y, por otro, determinar los riesgos de mortalidad, lesividad grave y lesividad leve en las vías interurbanas en cada provincia española que son ocasionados por sus características específicas. Los resultados obtenidos permiten extraer consideraciones relevantes que determinan la necesidad de seguir investigando para aumentar el conocimiento sobre el tema.

La tabla 2.1 expone los resultados de los tres modelos presentados suponiendo (A) mismo término autorregresivo para todas las provincias y (B) distinto término autorregresivo para cada una de ellas. Los tres modelos en las dos suposiciones tienen un buen nivel de significación, alcanzando el R - Cuadrado de todos los modelos niveles superiores a 0,92. Si comparamos los dos tipos de especificaciones, el R - Cuadrado es mayor asumiendo autocorrelación con distinto término autorregresivo. La significación conjunta medida a través del test de Wald es buena en todos los modelos construidos, por lo que las variables explican conjuntamente los riesgos de mortalidad y lesividad definidos. Los resultados son similares para gran parte de las variables independientemente de la asunción respecto al término autorregresivo.

### 2.2.1. Determinantes del riesgo de fatalidad y lesividad en España

Respecto al primer objetivo, la tabla 2.1 revela que el signo de la variable que expresa la entrada en vigor del permiso de conducción por puntos en España es diferente dependiendo del tipo de víctima que se analice. Por un lado, los coeficientes asociados con el permiso de conducción por puntos son negativos y estadísticamente significativos en los modelos de riesgo de mortalidad y lesividad grave (únicamente asumiendo mismo término autorregresivo en el riesgo de lesividad grave), situándose en la línea de los resultados obtenidos en otros trabajos (Albalade et al., 2013; Aparicio Izquierdo et al., 2011; Castillo-Manzano y Castro-Nuño, 2012; Castillo-Manzano et al., 2010). Algunos de estos estudios limitan los efectos de esta legislación a 18 y 24 meses, sin embargo, los coeficientes obtenidos en nuestros modelos permiten afirmar que todavía perdura el efecto de esta medida (Novoa et al., 2010), generando y manteniendo un cambio en el comportamiento de los conductores, por lo que las mejoras conseguidas en seguridad vial son incuestionables. Por otro lado, el coeficiente del permiso de conducción por puntos es positivo y estadísticamente significativo en el modelo de riesgo de lesividad leve, por lo que la entrada en vigor del permiso de conducción por puntos no ha ayudado inicialmente a reducirlos. No se ha encontrado ningún trabajo científico que alcance un resultado similar a este último.

En todos los modelos se muestra una relación negativa estadísticamente significativa entre el volumen de tráfico y el riesgo de mortalidad y lesividad. De esta forma, se puede concluir que un incremento del volumen de tráfico reduce el riesgo de mortalidad y lesividad en España, resultados similares a los obtenidos en otros estudios previos (Zeng et al., 2017a,b). Esta relación indica que un incremento del volumen de tráfico provoca una reducción de las velocidades de desplazamiento asumidas por los conductores, lo que evidentemente reduce el riesgo de

mortalidad y lesividad. Por ello, se puede confirmar que en España el efecto de reducción de la velocidad predomina sobre el efecto de mayor nivel de exposición.

Tabla 2.1. Resultados de las estimaciones (efectos fijos corregidos con errores estándar corregidos para panel, PCSE) asumiendo similar término autorregresivo (A) y diferente término autorregresivo (B)

	(A) MISMO TÉRMINO AUTORREGRESIVO			(B) DIFERENTE TÉRMINO AUTORREGRESIVO		
	RIESGO DE MORTALIDAD	RIESGO DE LESIVIDAD GRAVE	RIESGO DE LESIVIDAD LEVE	RIESGO DE MORTALIDAD	RIESGO DE LESIVIDAD GRAVE	RIESGO DE LESIVIDAD LEVE
Permiso de conducción por puntos	-0,0031059* (0,000)	-0,0063249* (0,000)	0,0221605** (0,053)	-0,0028327* (0,000)	-0,0063115* (0,001)	0,0221436* (0,018)
Volumen de tráfico	-5,26E-06* (0,000)	-0,0000246* (0,000)	-0,0000695* (0,000)	-4,96E-06* (0,000)	-0,0000234* (0,000)	-0,0000716* (0,000)
Tasa de motorización	-0,000052* (0,000)	-0,000227* (0,000)	-0,0005963* (0,000)	-0,0000531* (0,000)	-0,0002275* (0,000)	-0,0005191* (0,000)
Variación anual de la densidad de población	-0,0000297 (0,498)	-0,0003724* (0,025)	-0,0029548* (0,007)	-0,0000218 (0,550)	-0,0004019* (0,013)	-0,0024359* (0,014)
Tasa de desempleo	-0,0003478* (0,000)	-0,0019177* (0,000)	-0,00141* (0,038)	-0,0003364* (0,000)	-0,0018493* (0,000)	-0,001629* (0,000)
Precipitaciones	1,34E-06* (0,019)	8,20E-06* (0,001)	-7,62E-06 (0,537)	1,43E-06* (0,006)	8,40E-06* (0,000)	-8,60E-07 (0,930)
Proporción de vías de alta capacidad	-0,0004548* (0,000)	-0,0016116* (0,000)	-0,005515* (0,002)	-0,0004893* (0,000)	-0,0015438* (0,000)	-0,0062578* (0,000)
Inversión en reposición por kilómetro de vía	-0,0000199 (0,251)	-0,000282* (0,000)	-0,0005176 (0,121)	-0,0000343* (0,039)	-0,0002501* (0,000)	-0,0006096* (0,027)
Inversión en construcción por kilómetro de vía	-3,02E-06 (0,526)	-0,0000422* (0,037)	7,65E-06 (0,930)	-3,07E-06 (0,478)	-0,0000395* (0,036)	-0,0000174 (0,799)
Inversión en reposición por kilómetro de vía retardada un período	-7,45E-06 (0,660)	0,0000175 (0,792)	-0,0003313 (0,330)	-6,20E-06 (0,711)	0,0000394 (0,524)	-0,0004391 (0,120)
Inversión en construcción por kilómetro de vía retardada un período	9,86E-06** (0,059)	-0,0000187 (0,400)	0,0001558** (0,085)	9,09E-06** (0,060)	-7,81E-06 (0,713)	0,0001438* (0,034)
Inversión en reposición por kilómetro de vía retardada dos períodos	-0,000013 (0,438)	-0,0000751 (0,264)	-0,0001426 (0,681)	-0,0000206 (0,204)	-0,0000829 (0,177)	-0,0002155 (0,457)
Inversión en construcción por kilómetro de vía retardada dos períodos	1,44E-06 (0,793)	5,73E-06 (0,799)	0,0001191 (0,202)	1,84E-06 (0,715)	0,0000124 (0,563)	0,0001047 (0,150)
R <sup>2</sup>	0,9477	0,9303	0,9429	0,9570	0,9426	0,9609
R <sup>2</sup> sin efectos fijos provinciales	0,8134	0,7372	0,7934	0,8361	0,7794	0,8354
Wald chi2	37.503,08	44.064,68	385.874,68	61.800,10	72.566,63	140.054,45
Prob > chi2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Notas: El p-valor está expresado entre paréntesis; \*estadísticamente significativo al 5% \*\* estadísticamente significativo al 10%

En todos los modelos estudiados se encuentra evidencia de significación y relación negativa entre el índice de motorización y las tres tasas o riesgos definidos, aunque su efecto es mucho menor al de otras variables incluidas en los modelos. Estos resultados coinciden con los de otros estudios (Albalate 2008; Albalate y Bel, 2012; Castillo-Manzano et al., 2014; Castillo-Manzano et al., 2015b). Al igual que se enfatiza en los anteriores trabajos, el signo de esta variable en relación con la accidentalidad puede ser positivo por mayor nivel de exposición o negativo por el mayor nivel de desarrollo económico relacionado con mejores infraestructuras, vehículos más seguros o planteamientos de políticas viales más eficaces. En todos los modelos de la presente Tesis Doctoral éste último efecto predomina sobre el efecto del mayor nivel de exposición.

La variación anual de la densidad de población presenta un coeficiente negativo estadísticamente significativo en los modelos para ambos riesgos de lesividad, lo que se sitúa en la misma línea que los estudios de Eksler et al. (2008), Tolón-Becerra et al. (2013) o Yakovlev e Inden (2010). Al igual de destacan estos trabajos, se asume que las zonas con mayor densidad de población consiguen una red de infraestructuras más desarrollada y una mayor oferta de transporte público, motivado todo ello por la mayor demanda de infraestructuras por parte de la población residente.

Los resultados obtenidos demuestran que la tasa de desempleo es una de las variables que mayor efecto positivo tiene en la seguridad vial en España, si bien dicho efecto es solo estadísticamente significativo en los modelos de mayor riesgo para la sociedad (mortalidad y lesividad grave). Estos resultados se encuentran en la línea de los estudios realizados por Albalate et al. (2013), Bergel Hayat et al. (2015), Elvik (2015) y Kweon (2015). Al aumentar la tasa de paro los desplazamientos se ralentizan y reducen, motivados por la etapa económica en la que se encuentre el lugar analizado, por lo que el menor nivel de exposición provoca reducciones del número de víctimas (Wegman et al., 2017). Tanto el índice de motorización como la tasa de paro son variables que nos permiten incorporar las condiciones económicas de una provincia a un modelo, si bien las dos variables sintetizan información económica diferente. Mientras el índice de motorización mide el nivel de desarrollo económico alcanzado por una provincia, la tasa de paro no mide el nivel económico alcanzado, sino más bien indica en qué parte del ciclo económico se encuentra una determinada provincia. Por ello, los coeficientes de las dos variables obtienen el signo esperado para cada una de ellas.

El efecto provocado por las precipitaciones en relación con un aumento del riesgo de sufrir un accidente por el estado mojado del pavimento se constata en nuestro estudio para los riesgos de mortalidad y de lesividad grave. Las precipitaciones muestran un coeficiente positivo y estadísticamente significativo para estos tipos de víctimas, independientemente de la asunción

respecto al término autorregresivo. Estos resultados son similares a otros trabajos revisados (Eisenberg, 2004; Fridstrøm et al., 1995; Yakovlev e Inden, 2010). El efecto del mayor riesgo por el pavimento húmedo predomina en esos modelos sobre la relación negativa provocada por la reducción de los niveles de velocidad conseguidos por un comportamiento más prudente.

La calidad de las infraestructuras (medida a través de la proporción que suponen las autovías, autopistas y carreteras de dos calzadas) se convierte en la variable que mayor influencia ejerce sobre la reducción del riesgo de fallecer o sufrir lesiones en las vías interurbanas en España. Esta variable tiene un coeficiente negativo y estadísticamente significativo en los modelos creados para los tres tipos de víctimas, lo que implica que la mayor proporción de carreteras de alta capacidad reduce el número de víctimas por accidentes de tráfico. Albalate (2008), Albalate y Bel (2012), Castillo-Manzano et al. (2015b), Jamroz (2012) y Rivas-Ruiz et al. (2007) muestran en sus estudios resultados similares, concluyendo que vías de mayor calidad cuyas características ofrecen más seguridad se convierten en un motor para conseguir mejoras importantes en seguridad vial.

Antes de analizar los resultados obtenidos en las inversiones realizadas por kilómetro de vía, es importante tener presente las limitaciones de utilizar este indicador, ya que se está asumiendo que la inversión se reparte equitativamente entre cada uno de los kilómetros de carretera, algo que en la realidad es muy poco probable. Además, la inclusión dentro del modelo del valor total de las inversiones por kilómetro de vía obliga a incluir actuaciones muy diferentes: desde mejoras en la señalización hasta reposiciones del firme de una carretera, lo que conlleva perder cierto detalle en el estudio.

Con estas limitaciones y siendo cautos en nuestras afirmaciones, la inversión en reposición del año en curso presenta un coeficiente negativo y estadísticamente significativo con los tres riesgos definidos, por lo que la mejora de infraestructuras es efectiva en la reducción de la siniestralidad vial en España. Este resultado está en línea con Albalate et al. (2013). No obstante, los resultados de la inversión en reposición por kilómetro de vía difieren en el impacto sobre los tres riesgos.

Si se supone término autorregresivo similar para todas las provincias, la inversión en reposición por kilómetro de carretera tiene un impacto positivo en términos de seguridad vial en el riesgo de lesividad grave. Sin embargo, suponiendo un término autorregresivo diferente, la inversión en el reemplazo por kilómetro de carretera ayuda a reducir los riesgos de mortalidad y de lesividad. Esta disparidad en los resultados obtenidos en estas dos variables en función de la suposición escogida en relación con el término autorregresivo se debe a la estocasticidad del

modelo, no existiendo fundamento en seguridad vial que explique este comportamiento diferente. Esta tendencia presentada supone una futura línea de investigación fundamentada, además, en la escasa literatura científica que analiza la efectividad de las inversiones en infraestructura vial.

Finalmente, el efecto de la inversión en construcción es mucho más moderado que la inversión en reposición. La inversión en construcción realizada en el año en curso tiene un coeficiente negativo y estadísticamente significativo únicamente en relación con riesgo de lesividad grave. Por el contrario, los modelos revelan que la inversión en construcción por kilómetro de vía del año anterior tiene un efecto totalmente diferente en el riesgo de mortalidad y de lesividad leve, esto es, perjudicando la seguridad vial. Estos resultados están motivados por dos efectos. El primero es el efecto compensación de Peltzman (1975), quien estableció que una inversión puede tener un efecto contrario al esperado o deseado debido a que una nueva infraestructura conlleva a un aumento de la demanda. Además, la mayor calidad de la vía induce a los conductores a alcanzar una mayor velocidad y, por tanto, a una mayor asunción de riesgos. El segundo efecto se relaciona con la familiaridad de la vía. A través de una exposición repetida induce al conductor a reducir el nivel de atención al entorno de la carretera, lo que lleva a los conductores a asumir un mayor riesgo en aquellas vías que ya conocen respecto a aquellas que les son desconocidas (Charlton y Starkey, 2013). A este riesgo se une el del incremento de la velocidad asumido por los conductores conforme su familiaridad es mayor (Colonna et al., 2016). Finalmente, respecto a la inversión en construcción por kilómetro de vía realizada hace dos años, los modelos revelan que la dicha inversión no tiene efectividad en la seguridad vial de los tres tipos de tasas.

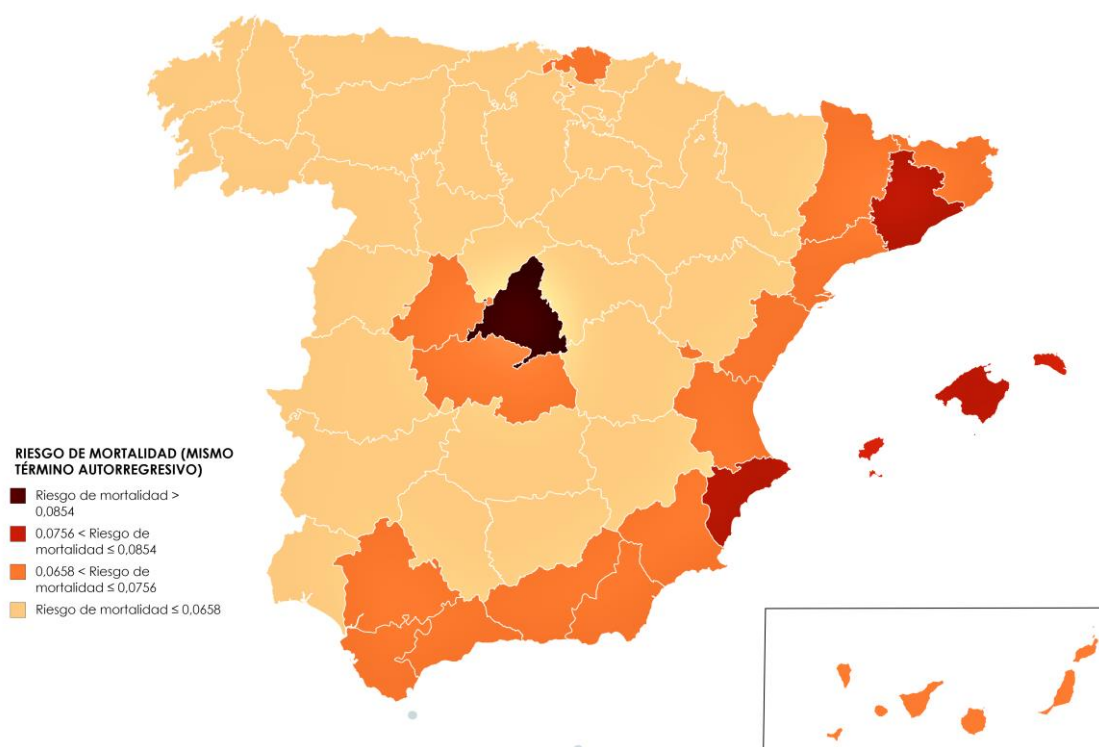
### 2.2.2. Distribución geográfica del riesgo de fatalidad y lesividad en España

Con respecto al segundo objetivo, el uso de variables dummy para cada provincia en un modelo de datos de panel de efectos fijos proporciona, a través de sus coeficientes obtenidos en los modelos, el número de víctimas en vías interurbanas en cada provincia debido al efecto de sus diferentes características que raramente cambian a lo largo de tiempo o los cambios que sufren son relativamente pequeños (relieve, situación geográfica, forma de conducir de la población, etc). Analizando estos efectos, en todos los modelos se realiza el test de Wald para comprobar que los coeficientes que recogen el efecto de las 50 provincias son útiles y relevantes para explicar el comportamiento de las variables dependientes. En los tres modelos creados,

tanto asumiendo mismo término como distinto término autorregresivo, la prueba de Wald muestra un p-valor de 0, por lo que todos los coeficientes relacionados con las provincias ayudan a explicar las variables dependientes.

La Tabla 2.1 muestra el valor del R-cuadrado de los modelos creados sin incorporar variables dummy que capturen el efecto de las características de cada provincia. En todos los modelos, el R-cuadrado es significativamente mucho menor, con el valor más alto para el modelo de riesgo de mortalidad bajo diferente término autorregresivo. Estos valores permiten afirmar que la inclusión de variables ficticias que recogen estas "características provinciales" mejora la explicación del modelo y logra resultados más consistentes.

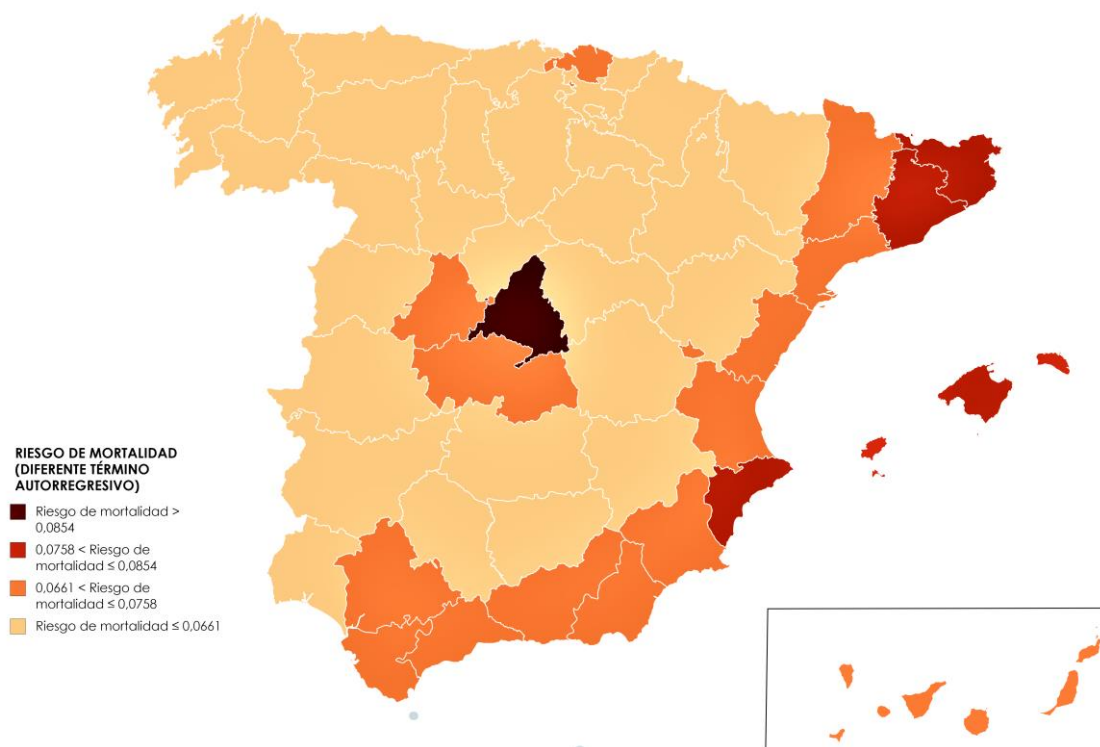
Figura 2.1. Tasa de mortalidad resultante de las características específicas de cada una de las provincias (similar término autorregresivo)



Las figuras 2.1 y 2.2 muestran que, independientemente de la suposición hecha para el término autorregresivo, hay una mayor heterogeneidad en los intervalos resultantes debido a la mayor disparidad entre las provincias con el mayor y menor riesgo de mortalidad. A pesar de esta heterogeneidad, los tres primeros intervalos corresponden casi idénticamente a las áreas con la mayor tasa de accidentes de tránsito: Ávila, Toledo, Madrid, Vizcaya, Islas Baleares, Santa Cruz de Tenerife, Las Palmas de Gran Canaria, Sevilla, Lleida y todas Las provincias de la costa

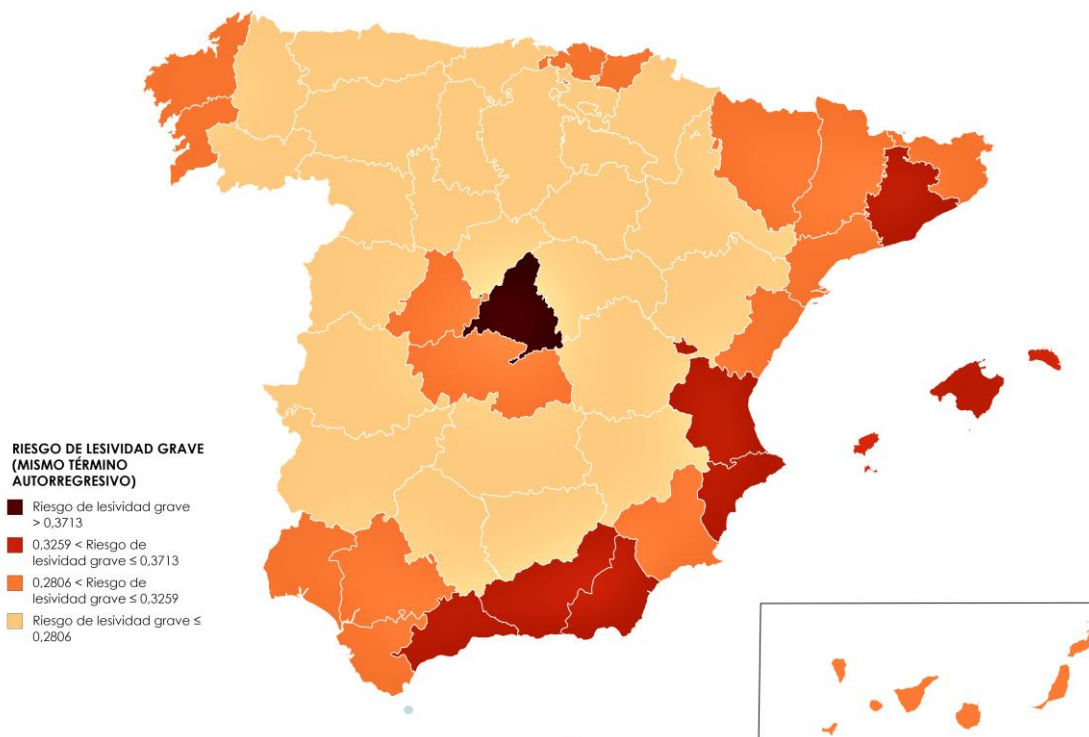
mediterránea alcanzan cifras de más de 0,0658 muertos por MVKR (0,0661 con un término autorregresivo diferente).

Figura 2.2. Tasa de mortalidad resultante de las características específicas de cada una de las provincias (diferente término autorregresivo)



La distribución geográfica del riesgo de lesividad grave, asumiendo el mismo término autorregresivo, (Figura 2.3) es similar a la del modelo de víctimas mortales: Pontevedra, Ávila, Toledo, Madrid, Vizcaya, las Islas Baleares, Santa Cruz de Tenerife. Las Palmas de Gran Canaria, Sevilla, Lleida y todas las provincias de la costa mediterránea registran más de 0,2806 heridos graves por MVKR. A diferencia del patrón seguido en la figura 2.1, las provincias de Pontevedra, A Coruña, Guipúzcoa, Huesca y Huelva registran un número de heridos graves por MVKR superior a 0,2806. De forma similar a la figura 2.3, suponiendo un término autorregresivo diferente produce una mayor disparidad entre las provincias y, por lo tanto, una mayor heterogeneidad en los intervalos creados (Figura 2.4). Las provincias con el mayor número de heridos graves por MVKR (más de 0,2749) son prácticamente las mismas que en la figura 2.3. Así, Cuenca y Jaén se incorporan a este grupo de provincias con mayor número de heridos graves por MVKR y Huelva pertenece al grupo con menor riesgo de lesividad grave.

Figura 2.3. Tasa de lesividad grave resultante de las características específicas de cada una de las provincias (similar término autorregresivo)



Finalmente, la distribución geográfica del riesgo de lesividad leve en España presenta rasgos muy similares a las de los riesgos de mortalidad y lesividad grave (figuras 2.1 a 2.4). Independientemente de la asunción del término autorregresivo que escojamos, prácticamente las mismas provincias son las que registran un mayor número de heridos leves por MVKR (figuras 2.5 y 2.6): Madrid, Pontevedra, Asturias, Cantabria, Álava, Guipúzcoa, Vizcaya, Islas Baleares, Santa Cruz de Tenerife, Las Palmas de Gran Canaria, Lleida y todas las provincias de la costa del Mediterráneo registran más de 0,7696 heridos leves por MVKR (0,7347 con diferente término autorregresivo). Esta distribución del riesgo de mortalidad y lesividad en España nos permite afirmar que las características específicas de las provincias tienen un impacto similar en los tipos de víctimas diferenciadas por el grado de lesión.

Figura 2.4. Tasa de lesividad grave resultante de las características específicas de cada una de las provincias (diferente término autorregresivo)

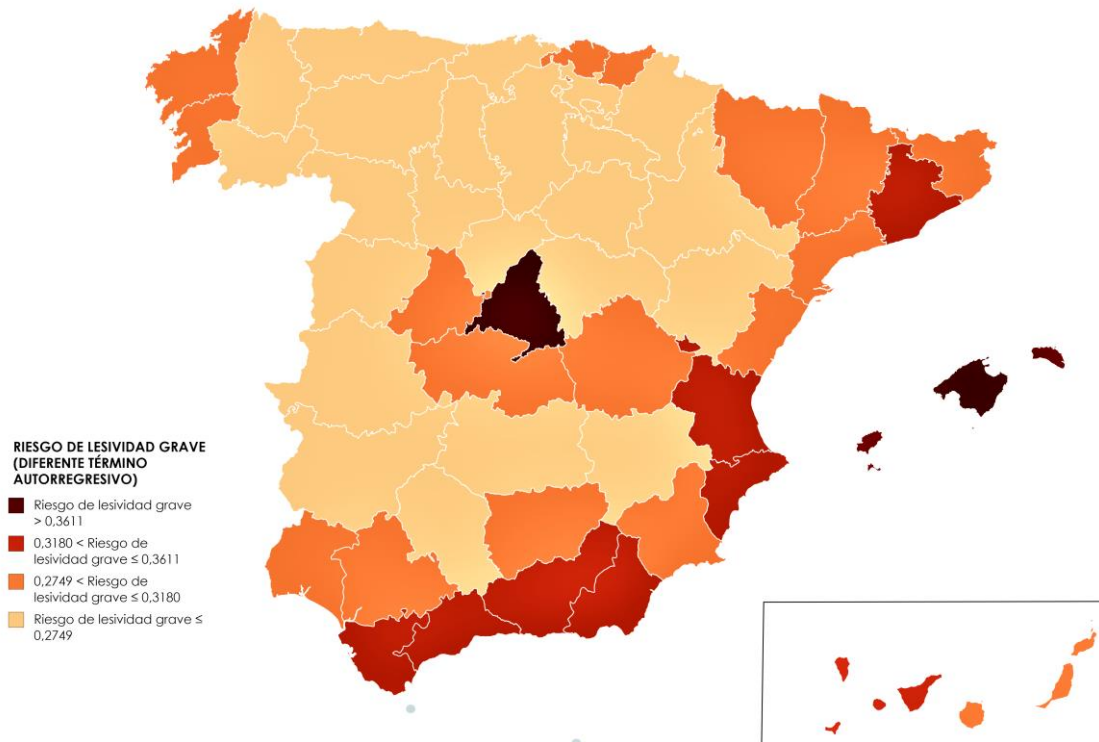


Figura 2.5. Tasa de lesividad leve resultante de las características específicas de cada una de las provincias (similar término autorregresivo)

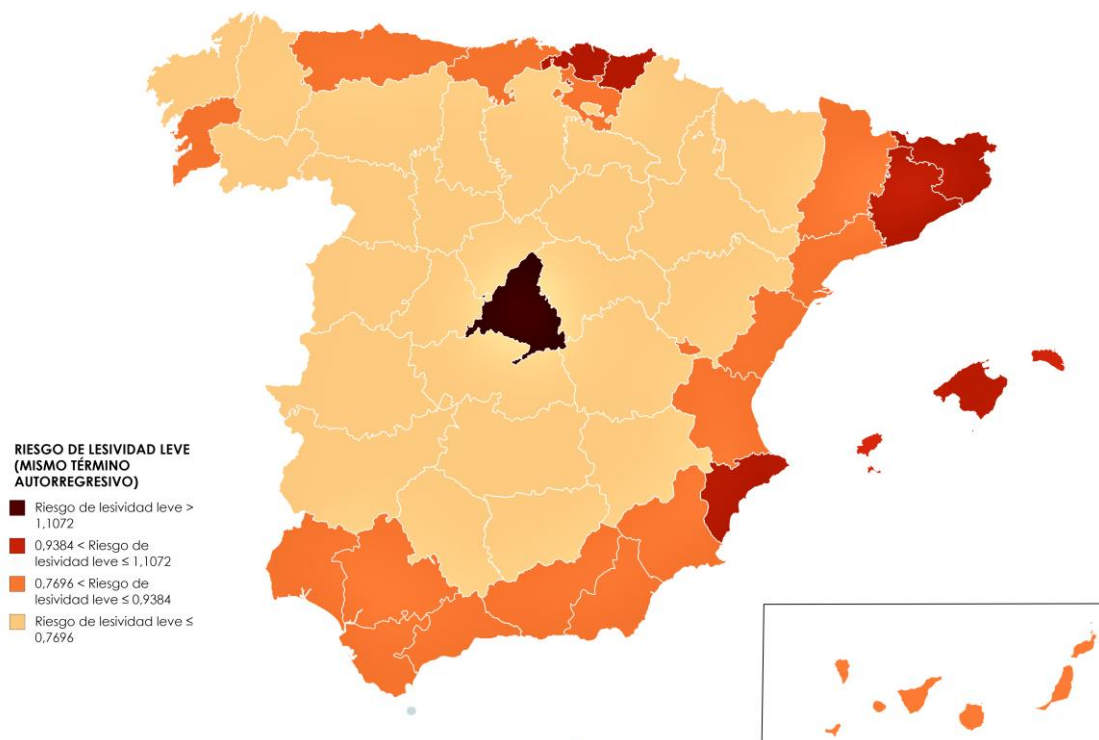
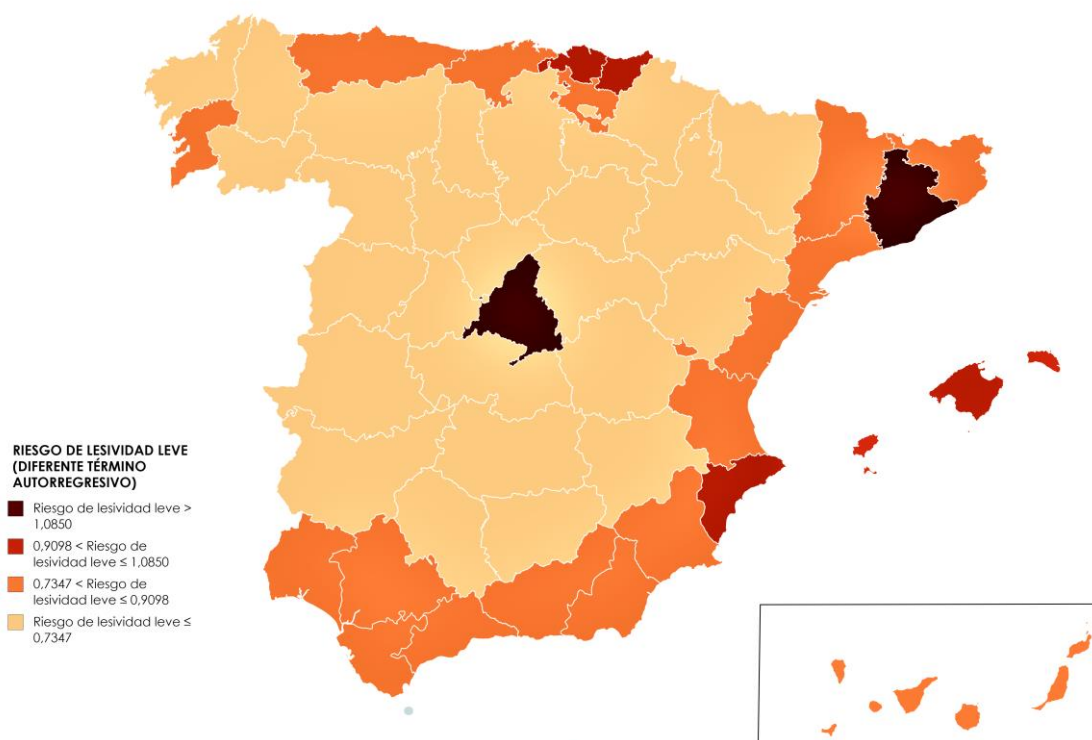


Figura 2.6. Tasa de lesividad leve resultante de las características específicas de cada una de las provincias (diferente término autorregresivo)



Con los resultados obtenidos, se puede afirmar que las características propias de las diferentes provincias españolas se convierten en “otra variable” fundamental en la accidentalidad de las vías interurbanas. Así, la incorporación de los efectos provinciales muestra que las características especiales de las provincias son un componente importante en su accidentalidad, demostrando incluso que la idea u opinión que a priori podíamos tener sobre las provincias con menor o mayor accidentalidad cambia con los resultados obtenidos. Los resultados de las figuras 2.1 a 2.6 revelan un patrón o tendencia en la distribución geográfica del riesgo de mortalidad y lesividad: características especiales o específicas de las provincias situadas en la costa mediterránea contribuyen a que estas provincias registren un mayor riesgo de mortalidad y lesividad.

Primeramente, se considera que el turismo puede ser uno de los factores que explican esta tendencia. Roselló y Saenz-de-Miera (2011) identifican en su trabajo el impacto que tiene el turismo en la siniestralidad vial de Islas Baleares, revelando que esta variable se convierte en un determinante más de sus accidentes de tráfico. En segundo lugar, la oferta de transporte público tiene efecto en la reducción de los siniestros viales: esta oferta en las provincias del Mediterráneo es mucho más escasa que en el resto de España, por lo que se cree que podría ser uno de los

factores que explican esta tendencia en la distribución geográfica del riesgo de mortalidad y lesividad. La presión social de todas estas provincias se ha trasladado al proyecto de infraestructura ferroviaria denominado “Corredor del Mediterráneo”, proyecto enmarcado dentro de la política de transporte de la Unión Europea. Finalmente, la mayor densidad de tráfico que soportan sus vías por los dos factores enumerados también se erige como un factor más que genera diferencias en el riesgo de mortalidad y lesividad de las provincias españolas.

Estos resultados de las dos suposiciones para cada una de las provincias remarcan la importancia de conocer y controlar las condiciones específicas de cada una de las provincias. Estas estimaciones no permiten conocer cuáles son específicamente esas características propias y cuál es su influencia, pero pueden servir como base para investigar en profundidad qué características provinciales marcan la diferencia en la accidentalidad de cada una de las provincias.

La literatura científica revisada no permite comparar los resultados relacionados con el segundo objetivo al no encontrarse ningún trabajo que trate de calcular el número de víctimas en vías interurbanas debido a las características propias de las provincias españolas ni de ningún otro país o región. Los resultados de este trabajo son un avance y novedad en la literatura científica, suponiendo un punto de partida para futuros estudios que se centren en averiguar cuáles son las características que causan las diferencias en las provincias de España. Los resultados obtenidos en este trabajo se convierten en una herramienta esencial para mejorar la configuración de la política de seguridad vial en España, ya que las características especiales de las provincias originan diferencias en su siniestralidad vial.

### 2.3. Factores determinantes de la siniestralidad vial en Chile

Los resultados de la investigación vinculada a Chile permiten alcanzar los objetivos determinados en el primer capítulo: averiguar el efecto de diferentes factores en los riesgos de mortalidad y de lesividad en Chile en el periodo comprendido entre 2000-2017 y cuantificar los riesgos de mortalidad y de lesividad de las regiones chilenas ocasionados por sus condiciones específicas.

Todos los modelos estimados presentan buena significación conjunta de las variables en base al test de Wald y al R-cuadrado, con valores superiores a 0,94 (Tabla 2.2). La inclusión de efectos fijos se hace necesaria considerando los valores arrojados por los modelos sin incluir efectos fijos regionales (el R-cuadrado de todos ellos es muy inferior a los modelos presentados).

Además, se aplica el test para comprobar si dichos efectos fijos regionales son necesarios, revelando la prueba Chi<sup>2</sup> en los cuatro modelos que todos los coeficientes regionales fueron conjuntamente distintos de 0.

### 2.3.1. Factores determinantes del riesgo de fatalidad y lesividad en Chile

En relación con el primer objetivo, los resultados evidencian que la variación anual de la densidad de población y la reforma de la Ley de Tránsito han sido los factores que mayores reducciones han ocasionado de los riesgos de mortalidad (-0,2843,  $p = 0,000$ ; -0,1411,  $p = 0,002$ ), lesividad grave (-0,6300,  $p = 0,000$ ; -0,2367,  $p = 0,000$ ) y lesividad menos grave (-0,4776,  $p = 0,000$ ; -0,1599,  $p = 0,025$ ). La tasa de desocupación se erige como un determinante con gran incidencia negativa sobre el riesgo de lesividad leve (-0,1261,  $p = 0,005$ ). Las estimaciones han demostrado un efecto mixto de la proporción de vías sin pavimentar (ripio y tierra). Mientras que los coeficientes asociados al riesgo de lesividad grave (0,0120,  $p = 0,001$ ) y lesividad menos grave (0,0070,  $p = 0,020$ ) han sido positivos, el coeficiente para el riesgo de lesividad leve es negativo (-0,0406,  $p = 0,021$ ). Finalmente, la escasa efectividad mostrada por la inversión en construcción por kilómetro de vía rural en el año en curso para aminorar el riesgo de lesividad grave (-0,00004,  $p = 0,085$ ) se ve compensada por impacto negativo en la seguridad vial de la inversión en construcción realizada el año anterior en heridos graves (0,00005,  $p = 0,026$ ) y heridos leves (0,00024,  $p = 0,037$ ).

Las estimaciones presentadas en la Tabla 2.2 demuestran que esta investigación constituye un importante ejercicio de análisis de los factores explicativos de los riesgos de mortalidad y lesividad en Chile en el período 2000-2017. Primeramente, los coeficientes negativos estadísticamente significativos de la variable “Ley de Tránsito” confirman que la reforma de la ley vial a finales de 2005 ha sido efectiva para reducir los riesgos de mortalidad y lesividad grave y menos grave. Estos hallazgos se sitúan en línea con las estimaciones de otras investigaciones (Nazif-Muñoz et al., 2014, 2015) que destacan que su combinación con el control policial ha sido la clave de su éxito. En ninguno de los modelos los coeficientes negativos de la “Ley de Tolerancia Cero” alcanzan la significación estadística deseada (Otero y Rau, 2017).

La seguridad vial en Chile se ve beneficiada por los factores sociales o sociodemográficos. El coeficiente negativo estadísticamente significativo de la tasa de motorización en todos los modelos (Albalate, 2008; Albalate y Bel, 2012) indica el predominio del efecto positivo para la seguridad vial de un mayor nivel de desarrollo del transporte, mejores infraestructuras o políticas

viales más efectivas sobre el efecto de mayor exposición por un mayor número de vehículos per cápita. La relación negativa estadísticamente significativa de la variación anual de la densidad de población (Eksler et al., 2008; Noland y Adediji, 2018; Noland y Quddus, 2004) en tres de los modelos permite afirmar que las regiones con mayores densidades de población probablemente dispongan de un mayor desarrollo de la infraestructura y mejores sistemas de transporte público por la mayor demanda (Sánchez et al., 2018b).

Tabla 2.2. Resultados de las estimaciones (efectos fijos corregidos con errores estándar corregidos para panel, PCSE)

	RIESGO DE MORTALIDAD	RIESGO DE LESIVIDAD GRAVE	RIESGO DE LESIVIDAD MENOS GRAVE	RIESGO DE LESIVIDAD LEVE
<b>Ley de Tránsito</b>	-0,1411*	-0,2367*	-0,1599*	-0,3305
	(0,002)	(0,000)	(0,025)	(0,180)
<b>Ley Tolerancia Cero</b>	-0,0336	-0,0122	0,0236	-0,2175
	(0,511)	(0,862)	(0,778)	(0,393)
<b>Tasa de motorización</b>	-0,0022*	-0,0033*	-0,0035*	-0,0154*
	(0,000)	(0,000)	(0,000)	(0,000)
<b>Variación anual densidad de población</b>	-0,2843*	-0,6300*	-0,4776*	-0,2173
	(0,000)	(0,000)	(0,000)	(0,450)
<b>Tasa de desocupación</b>	-0,0258*	-0,0322*	-0,0147	-0,1261*
	(0,003)	(0,002)	(0,125)	(0,005)
<b>Precipitaciones</b>	0,00020	-0,00008	-0,00001	-0,00099*
	(0,106)	(0,471)	(0,934)	(0,001)
<b>Proporción de vías sin pavimentar</b>	0,0006	0,0120*	0,0070*	-0,0406*
	(0,783)	(0,001)	(0,020)	(0,021)
<b>Variación anual proporción vías alta capacidad</b>	0,0021	0,0077	0,0037	0,0016
	(0,801)	(0,537)	(0,700)	(0,958)
<b>Inversión en reposición por kilómetro de vía</b>	2,39E-06	6,04E-06**	-3,67E-07	-4,93E-06
	(0,370)	(0,090)	(0,936)	(0,733)
<b>Inversión construcción por kilómetro de vía</b>	-0,00002	-0,00004**	-0,00002	0,00010
	(0,276)	(0,085)	(0,597)	(0,349)
<b>Inversión reposición por kilómetro de vía retardada un período</b>	-1,29E-06	-4,49E-08	5,88E-06	-0,00001
	(0,605)	(0,989)	(0,190)	(0,353)
<b>Inversión construcción por kilómetro de vía retardada un período</b>	9,69E-06	0,00005*	0,00002	0,00024*
	(0,639)	(0,026)	(0,599)	(0,037)
<b>R<sup>2</sup></b>	0,9555	0,9721	0,9461	0,9521
<b>R<sup>2</sup> sin efectos fijos regionales</b>	0,6712	0,7203	0,7008	0,6301
<b>Efectos fijos región</b>	Sí	Sí	Sí	Sí
<b>Wald chi2</b>	25.524,71	8.858,31	11.560,58	6.297,78
<b>Prob &gt; chi2</b>	0,000	0,000	0,000	0,000

Notas: El p-valor está expresado entre paréntesis; \*estadísticamente significativo al 5% \*\* estadísticamente significativo al 10%

La seguridad vial en Chile puede verse mejorada en condiciones económicas desfavorables (mayor tasa de desocupación), en línea con lo encontrado por gran parte de la literatura científica (Albalate y Bel, 2012; Albalate et al., 2013; Elvik, 2015). Con esta relación se puede intuir, de manera indirecta, qué impacto tiene el nivel de tráfico como factor de riesgo en la siniestralidad de las vías rurales en Chile, ya que en situaciones de recesión económica el número de kilómetros recorridos se ve reducido (Yannis et al., 2014). La diversidad climatológica de las regiones chilenas incide de forma diferente en los riesgos definidos, aunque únicamente el coeficiente negativo respecto a la tasa de lesividad leve alcanza un nivel adecuado de significación estadística (Nguyen-Hoang y Yeung, 2014), probablemente originado por una conducción más cautelosa con mayor volumen de precipitaciones (Eisenberg, 2004).

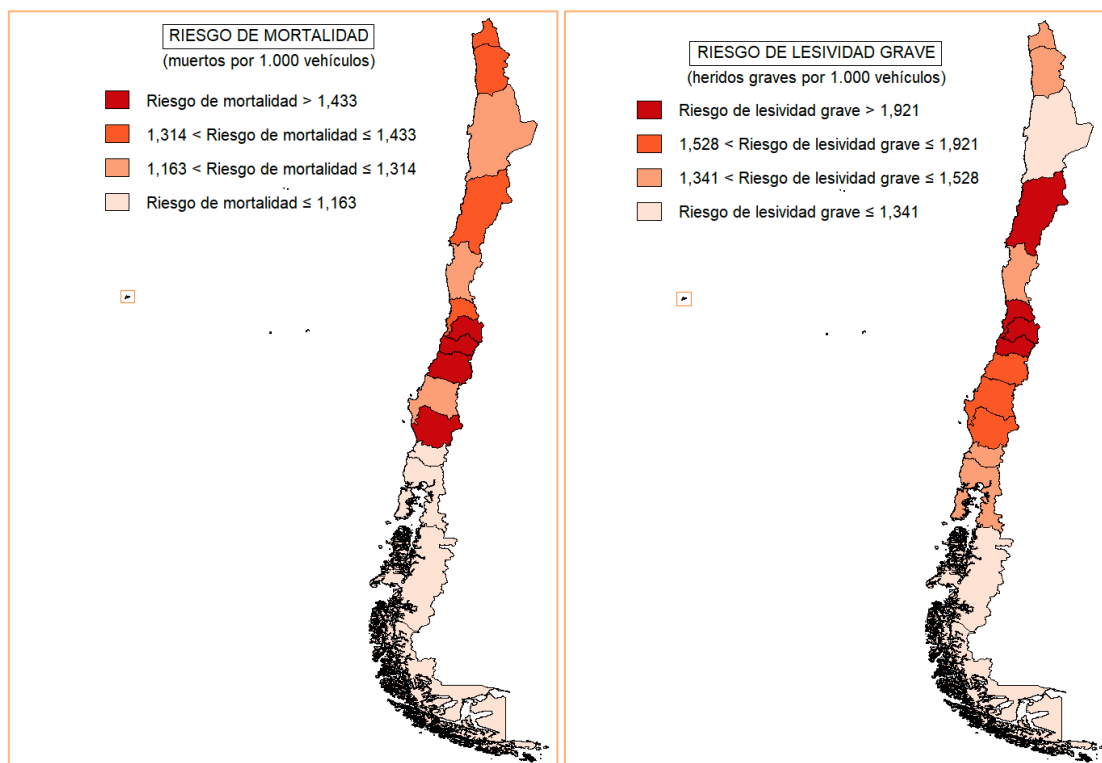
Finalmente, los modelos estimados advierten de un efecto mixto de la calidad de la infraestructura dependiendo del factor de control escogido para medirla. El coeficiente positivo estadísticamente significativo asociado a los riesgos de lesividad grave o menos grave, en línea con los resultados de otras investigaciones (Ackaah et al., 2018), contrasta con la reducción del riesgo de lesividad leve. Las estimaciones de esta investigación cuestionan la efectividad del esfuerzo inversor en nueva construcción o en reposición de vías rurales, en base al coeficiente positivo estadísticamente significativo de la inversión en reposición por kilómetro de vía respecto a la tasa de lesividad grave. Además, los beneficios en términos de seguridad vial conseguidos con la inversión en construcción del año en curso (Albalate et al., 2013; Sánchez et al., 2018b) se ve compensado por el efecto negativo de lo invertido en nuevas vías el año previo, produciéndose el denominado “efecto Peltzman”: nuevas inversiones pueden asociarse a mayores velocidades asumidas por la calidad de la infraestructura, lo que tiene un efecto contrario al deseado (Sánchez et al., 2018b).

### 2.3.2. Distribución geográfica del riesgo de fatalidad y lesividad en Chile

Respecto al segundo objetivo, el test que determina que los coeficientes asociados a las variables dummy fueron distintos de 0 confirma la necesidad de incorporar los efectos fijos regionales. La inclusión de estos efectos evidencia que la Región Metropolitana, Libertador General Bernardo O’Higgins y El Maule presentaron riesgos de mortalidad ( $> 1,433$ ) y lesividad menos grave ( $>1,478$ ) superiores al resto de regiones (figuras 2.7 y 2.8), por lo que sus condiciones propias ocasionan un mayor riesgo de fallecer o sufrir heridas menos graves en sus vías que en otras regiones. Asimismo, mientras dichas características propias propician una tasa

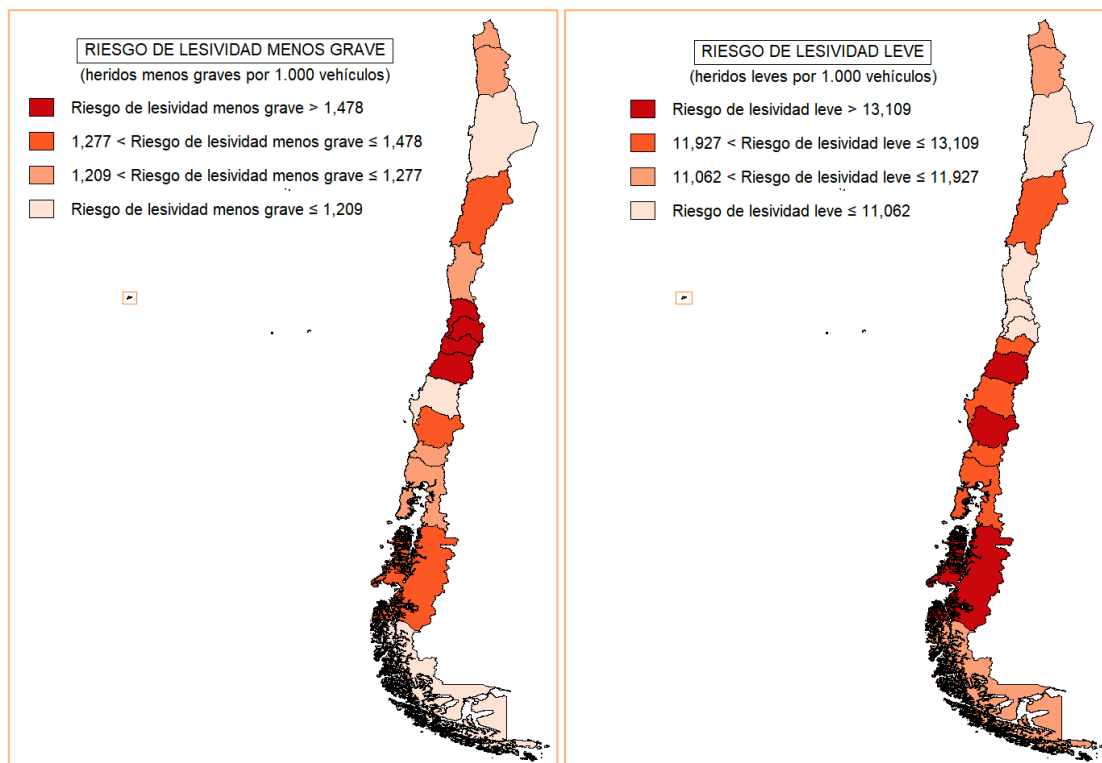
de lesividad grave mayor ( $> 1,921$ ) en las dos primeras regiones, las de la región del Maule repercuten en mayor medida en su riesgo de lesividad leve ( $> 13,109$ ). Por el contrario, las condiciones específicas de las regiones de Antofagasta y Magallanes y Antártica Chilena inciden en menor medida sobre su riesgo de lesividad grave ( $\leq 1,341$ ) y menos grave ( $\leq 1,209$ ). Finalmente, características similares de las regiones del sur (Los Ríos, Los Lagos, Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo y Magallanes y Antártica Chilena) afectan positivamente en términos de seguridad vial en sus riesgos de mortalidad ( $\leq 1,163$ ).

Figura 2.7. Tasas de mortalidad y de lesividad grave debido a las características específicas de cada región



Las distribuciones geográficas de los riesgos indican que las características de cada región en Chile deben ser consideradas un factor más influyente en los riesgos de mortalidad y lesividad en accidentes en vías rurales, lo que se sitúa en línea con los hallazgos obtenidos en otras investigaciones similares para otros países (Sánchez et al., 2018b). En las figuras 2.7 y 2.8 se advierte un patrón semejante de los riesgos definidos, con pequeñas diferencias: en riesgo de fallecer o sufrir lesiones en accidentes de tráfico en vías rurales es superior en las regiones de Atacama, Valparaíso, Metropolitana, O'Higgins, Maule y La Araucanía.

Figura 2.8. Tasas de lesividad menos grave y de lesividad leve debido a las características específicas de cada región



El primer factor común que puede explicar ese patrón puede ser la disparidad en el volumen de tráfico en sus vías rurales. La imposibilidad de utilizar en los modelos el número de vehículos-kilómetros recorridos como variable de control y como factor de ajuste de las variables dependientes conduce a pensar que el nivel de tráfico en sus vías y la composición de este puede aumentar el riesgo de mortalidad o lesividad por accidentes de tráfico. Estas regiones aglutinan cerca del 70% de la población de Chile, por lo que el nivel de desplazamientos en ellas y entre ellas probablemente sea superior al resto de regiones.

La caracterización de sus estructuras sectoriales tiene implicaciones importantes sobre las tasas definidas. La gran actividad en los puertos exportadores de Valparaíso y San Antonio (Región de Valparaíso) y en los principales corredores de transporte de productos de la industria maderera (El Maule o La Araucanía) o frutícola (Valparaíso, Metropolitana, O'Higgins) está asociada a un tráfico de vehículos más pesado, lo que no sólo repercute en el riesgo de accidentes sino también en el estado del pavimento de las vías. Asimismo, el gran atractivo turístico de algunas de estas regiones puede influir sobre el volumen de tráfico soportado por sus vías rurales.

Un segundo factor determinante de la distribución de los riesgos definidos respecto a la Región Metropolitana es su condición de capital: diariamente se produce una mayor cantidad de

desplazamientos por motivos de trabajo, por lo que sus vías rurales albergan la mayor proporción de accidentes laborales en Chile.

Por último, en las regiones de O'Higgins, El Maule y La Araucanía existe alta ruralidad (proporción de población en ciudades pequeñas), por lo que las alternativas de transporte público pueden ser más limitadas que en aquellas regiones con una menor proporción de población rural.

La distribución geográfica obtenida del riesgo de mortalidad y de los diferentes riesgos de lesividad definidos suponen una contribución novedosa a la literatura científica internacional, sentando las bases para futuras investigaciones similares aplicadas a distintas poblaciones de estudio. Por ello, los hallazgos alcanzados deben ayudar a los decisores políticos en su tarea de conseguir la mejor configuración de la política vial para intentar mitigar las consecuencias de los accidentes viales mediante su erradicación.

## 2.4. Conclusiones

Los estudios presentes han tratado de analizar el efecto de diversas variables de carácter económico, técnico, social y legislativo sobre el número de víctimas por accidentes de tráfico diferenciándolas por gravedad de la lesión sufrida: muerto, herido grave, herido menos grave y herido leve. Los modelos econométricos se han desarrollado utilizando datos de panel para el conjunto de las provincias de España en el período 1999-2015 y para el conjunto de regiones chilenas en el período 2000-2017, incorporando el efecto que tiene las características propias de las provincias o regiones a través de efectos fijos y aplicando Errores Estándar Corregidos para Panel.

Las estimaciones obtenidas para España evidencian un efecto positivo de la mayoría de las variables sobre la seguridad vial, reduciendo el riesgo de mortalidad y lesividad. Variables como la inversión en reposición, la inversión en construcción o el porcentaje que suponen las vías de dos calzadas se convierten en variables esenciales en manos del sector público para poder mejorar la seguridad en las carreteras. Dotar de una mayor calidad a las infraestructuras construyendo más vías de dos calzadas, aumentando las inversiones en reposición o las inversiones en construcción, impone al Estado la responsabilidad y obligación de realizar un esfuerzo inversor a través de estas variables que permita reducir paulatinamente el número de víctimas en carretera. Además, el Estado español debe sopesar y valorar la introducción de medidas en materia de tráfico y seguridad vial menos permisivas no sólo con los conductores sino

también con cualquier usuario de la vía pública, imponiendo entre la sociedad una mentalidad de conducción segura a través de esa legislación.

El índice de motorización es un indicador relacionado con el nivel de desarrollo económico, considerándose que los países con índices de motorización más altos disfrutan de mejores infraestructuras y mejores vehículos. Por ello, el trabajo continuo entre sociedad y Estado se hace necesario para que la mejora del nivel de desarrollo económico de los países provoque indirectamente una mejora en seguridad vial a través de dicho índice de motorización, con mayor demanda de vehículos que sean cada vez más seguros.

Mejores infraestructuras, mayor desarrollo económico y legislación menos permisiva pueden conseguir evitar en mayor medida aquellas víctimas por accidentes de tráfico con una mayor gravedad y, con ello, reducir los costes sociales y sanitarios relacionados con estas víctimas, lo que no sólo permite una mejora en la salud pública de la población, sino que genera un ahorro económico a las arcas públicas del Estado.

Además de la influencia de todas las variables analizadas, las características especiales o propias de cada provincia en España conllevan que las políticas provinciales específicas en seguridad vial se conviertan en una herramienta eficaz en la reducción del número de víctimas en España. Adaptar la normativa en seguridad vial dependiendo de esas características propias, construir infraestructuras que se adecúen mejor a las condiciones climatológicas, al relieve o a la mayor demanda de infraestructuras son ejemplos de medidas necesarias para controlar esas características propias provinciales. Por ello, las provincias se deben convertir en el principal motor que impulse mejoras en seguridad vial.

Si bien las estimaciones obtenidas para Chile asociadas a los objetivos definidos son reveladoras para la literatura científica y los decisores políticos, deben señalarse algunas limitaciones. Primero, la modificación de la división administrativa en 2007 impide examinar el riesgo de las regiones de Tarapacá, Arica y Parinacota, Los Lagos y Los Ríos de forma separada, lo que supondría una estimación de la siniestralidad vial regional más aproximada a la realidad. Segundo, la imposibilidad de regionalizar e incorporar las inversiones realizadas por las concesionarias en las autopistas produce una infravaloración de las inversiones en reposición y construcción. Así, aunque gran parte de las inversiones en reposición y construcción se ejecutan en vías rurales, algunas de ellas pueden asociarse a vías urbanas, compensándose en cierta manera dicha infravaloración. Tercero, los cambios metodológicos en la serie del IPC y la variable “tasa de paro” dentro del período definido conducen a una interpretación de los resultados con cautela. Cuarto, el uso del número de vehículos como medida de exposición para definir las

variables dependientes produce resultados más limitados que si se utilizaran indicadores como el número de kilómetros recorridos en las vías rurales, considerado más aproximado al riesgo de exposición para los diferentes tipos de víctimas.

A pesar de las limitaciones señaladas, los resultados de esta investigación ayudan a comprender que los accidentes de tráfico son un problema de salud pública complejo debido principalmente a la multitud de factores o variables que inciden en ellos. Por ello, es necesario que Chile dedique parte de sus esfuerzos a tratar de advertir qué factores determinantes pueden explicar sus tasas de mortalidad o lesividad en accidentes viales. Además, es conveniente que las autoridades chilenas encargadas de la política vial sean conscientes de que los siniestros viales son un problema con una gran desigualdad interterritorial, en el que las características específicas o propias de sus regiones juegan un papel fundamental, erigiéndose como herramientas esenciales en su lucha contra la siniestralidad vial. Por ello, es imprescindible para Chile seguir en el camino de la investigación científica para conseguir un nivel más preciso del conocimiento del impacto de los factores determinantes de los accidentes de tráfico y de las condiciones específicas de sus regiones o provincias en el riesgo de fallecer o sufrir lesiones en accidentes viales.

CAPÍTULO III. DESIGUALDAD  
INTERTERRITORIAL Y ACCIDENTES DE  
TRÁFICO EN ESPAÑA

---



### 3.1. Introducción

La gran disparidad interregional del nivel de desarrollo económico incide en la disparidad del nivel de siniestralidad vial de las regiones en los países. Son muchos estudios científicos los que, basándose en poblaciones de estudio con una desigualdad económica evidente, examinan el efecto del nivel de desarrollo económico en los riesgos de fallecer o sufrir lesiones en accidentes tráfico.

En España, se aprecian considerables diferencias en el nivel de desarrollo económico entre las 50 provincias españolas. Por ejemplo, mientras la diferencia de PIB per cápita en precios de 2015 entre las provincias con mayor y menor nivel de desarrollo fue de 17.333,11 € en 1999, esa diferencia de PIB per cápita se sitúa en 2015 en 19.616,92 €, acentuada dicha diferencia por la recesión económica acaecida en España, aumentando la desigualdad económica interterritorial. Considerando los diferentes efectos de las condiciones económicas en la accidentalidad vial de los territorios, la gran disparidad del nivel de desarrollo económico evidenciada entre las provincias españolas en 1999 y 2015 puede originar diferencias en la seguridad vial.

Antes de presentar los resultados obtenidos con las diferentes estimaciones, conviene advertir la relación entre el nivel de desarrollo económico y las tasas de mortalidad y lesividad en España. Como se advierte en las figuras 3.1 y 3.2, el riesgo de fallecer en accidentes de tráfico o sufrir lesiones graves se asocia negativamente con el nivel de desarrollo económico de las provincias en el período establecido en la investigación, por lo que se intuye un mayor nivel de desarrollo económico provoca u origina menores tasas de mortalidad y lesividad grave. Por el contrario, el nivel de desarrollo económico provincial se relaciona positivamente con la tasa de lesividad leve para las provincias españolas en 2000-2015 (figura 3.3), lo que evidencia cierto efecto del nivel de desarrollo económico en el nivel de riesgo de las provincias españolas.

De igual manera al capítulo anterior, en el segundo apartado se exponen los principales hallazgos que se han encontrado tras las estimaciones obtenidas aplicando la metodología delimitada en el primer capítulo, lo que permitirá advertir las diferencias existentes del efecto de los factores determinantes en los dos grupos de provincia españolas.

El tercer apartado presenta para cada uno de los grupos de provincias las distribuciones geográficas de los diferentes riesgos definidos obtenidos con el empleo del citado enfoque empírico. Finalmente, el cuarto apartado acoge las conclusiones más relevantes para la comunidad científica que aporta esta investigación.

Figura 3.1. Relación entre el nivel de desarrollo económico y el riesgo de mortalidad en las provincias españolas

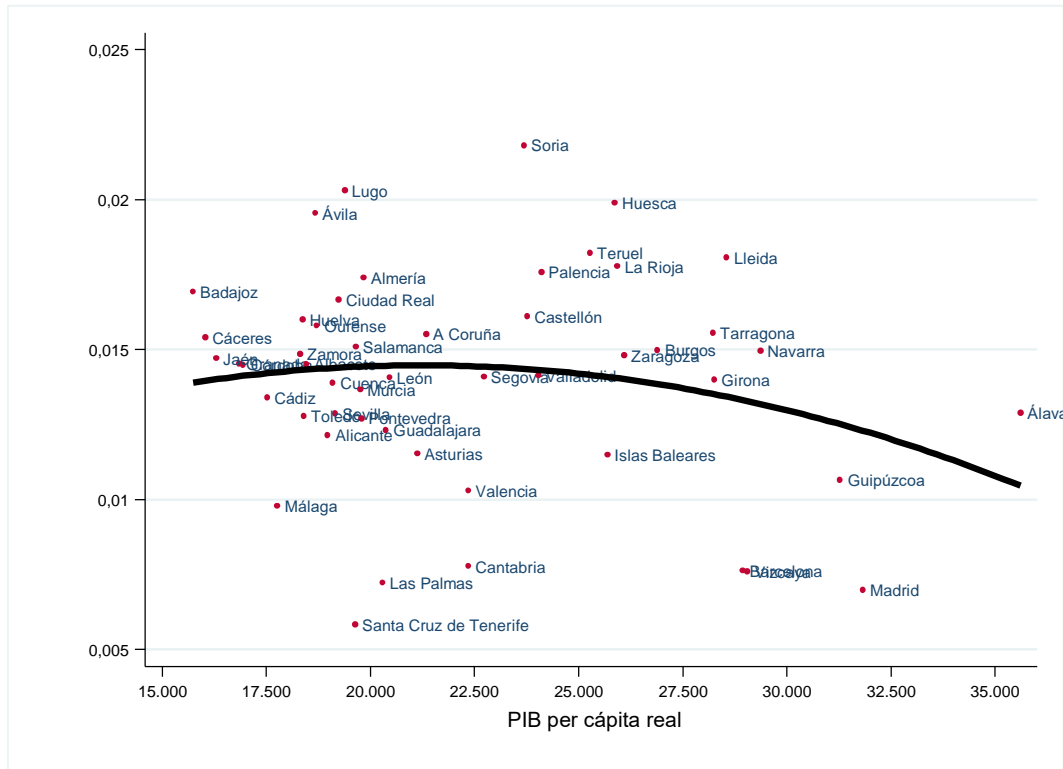


Figura 3.2. Relación entre el nivel de desarrollo económico y el riesgo de lesividad grave en las provincias españolas

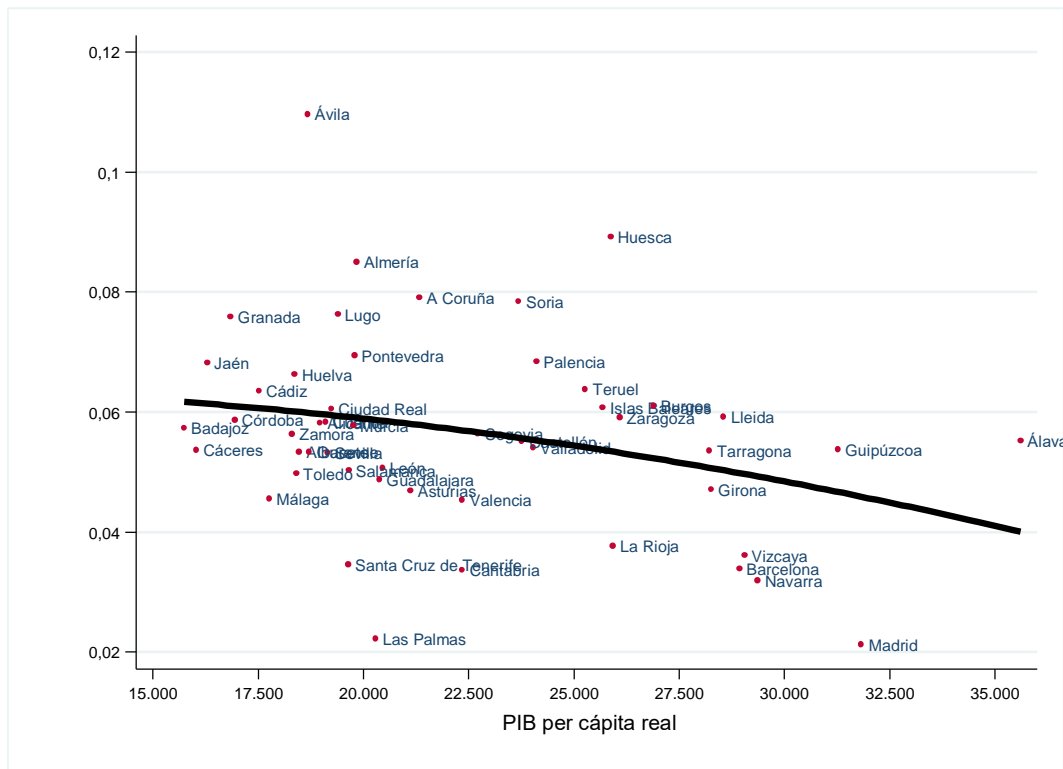
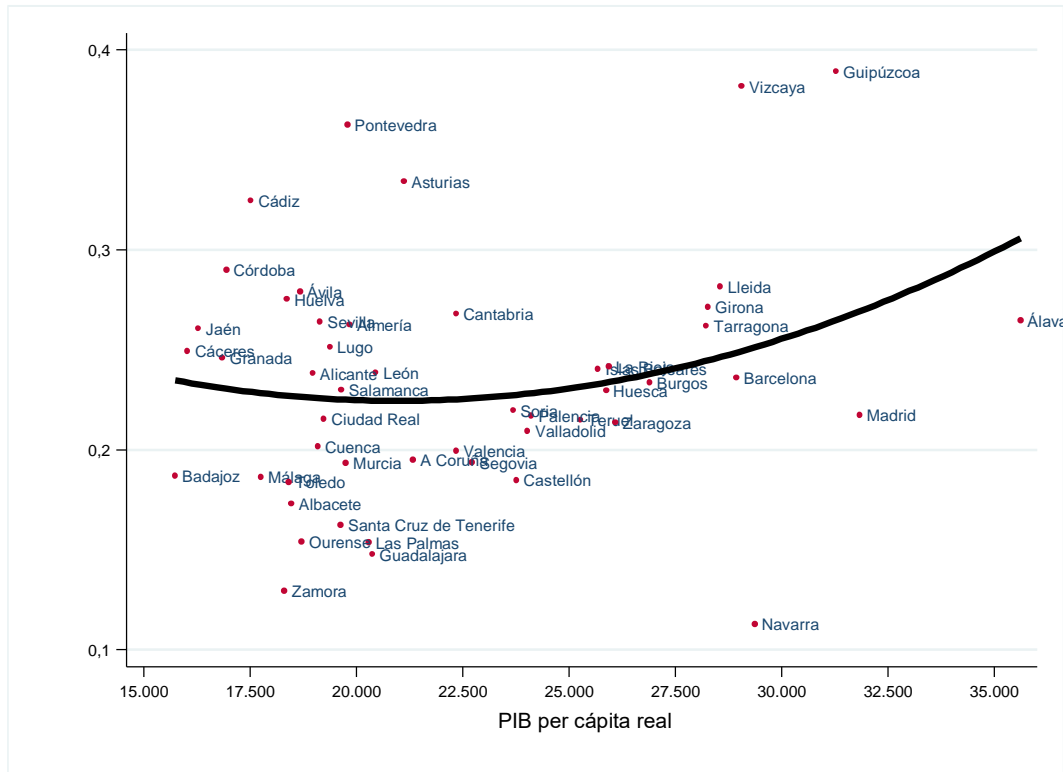


Figura 3.3. Relación entre el nivel de desarrollo económico y el riesgo de lesividad leve en las provincias españolas



Los resultados expuestos en este capítulo constituyen una gran aportación científica para la comunidad científica, siendo el primer estudio elaborado para España a nivel provincial que trata de averiguar para un período de 15 años qué diferencias existen en el efecto del desarrollo económico en la siniestralidad vial de las provincias españolas. Asimismo, la investigación permite examinar el impacto de diferentes variables de control sobre el riesgo de mortalidad y lesividad en las provincias españolas dependiendo de su nivel de desarrollo económico y obtener un patrón geográfico de dichos riesgos más preciso. Por todo ello, los resultados obtenidos en él adquieren gran importancia para los decisores políticos en la toma de decisiones respecto a la política de seguridad vial en el futuro.

## 3.2. Nivel de desarrollo económico y determinantes de la siniestralidad vial

El estudio definido para alcanzar la tercera meta de la presente Tesis Doctoral se define a través de dos objetivos. Primero, averiguar si la desigualdad económica interterritorial en España origina un impacto diferente en los riesgos de mortalidad, lesividad grave y lesividad leve en 1999-2015. Segundo, obtener la distribución de los riesgos de mortalidad, lesividad grave y lesividad leve por accidentes de tráfico en las vías interurbanas en las provincias españolas dependiendo de su nivel de desarrollo económico.

Las tablas 3.1 y 3.2 exponen los resultados de los modelos construidos para averiguar cuáles son los determinantes de los riesgos de mortalidad, lesividad grave y lesividad leve en los dos grupos de provincias asumiendo similar o diferente término autorregresivo para cada provincia respectivamente. Todos los modelos construidos alcanzan un nivel de significación superior al 0,9, siendo dicho nivel mayor suponiendo que el término autorregresivo es específico para cada provincia en los dos grupos. El test de Wald en todos los modelos determina que las variables en su conjunto explican los riesgos de mortalidad o lesividad en los dos grupos de provincias. Aunque los resultados son prácticamente similares independientemente del supuesto seleccionado sobre el término autorregresivo, Braunerhjelm et al. (2010) apuntan en su estudio que la asunción de diferente o específico término autorregresivo es más adecuada cuando las regresiones se basan en datos de carácter anual. Por ello, en base a esta sugerencia y a la similitud de resultados, la discusión de los principales hallazgos respecto a los dos objetivos se fundamentará usando los modelos con asunción de diferente término autorregresivo (Tabla 3.2).

### 3.2.1. Determinantes del riesgo de fatalidad y lesividad

Los modelos estimados para los dos grupos de provincias revelan hallazgos importantes en relación con el impacto de diferentes factores sobre los riesgos definidos. Los resultados confirman que el nivel de desarrollo económico, medido por la variable PIB per cápita, presenta una relación negativa estadísticamente significativa con los riesgos de mortalidad y lesividad grave en las provincias más avanzadas económicamente (Traynor, 2009a; Van Beeck et al., 1991). Por ello, puede afirmarse que en las provincias con mayor desarrollo la mejora en el nivel de desarrollo económico induce a una mayor protección de su población frente a la siniestralidad vial en sus vías interurbanas. Los modelos estimados para las provincias con menor desarrollo

económico los coeficientes del factor “PIB per cápita” son positivos, pero estadísticamente no significativos.

La situación económica de las provincias, medida a través de su tasa de paro, es un determinante económico con mayor efecto sobre la siniestralidad vial de las provincias, al ser todos los coeficientes obtenidos negativos y estadísticamente significativos en los dos grupos definidos (Elvik, 2015; Kweon 2015; Nguyen-Hoang y Yeung, 2014). Las recesiones económicas se asocian a una menor conducción de la población joven, consumo de alcohol y velocidades asumidas (Wegman et al., 2017), afectando de manera directa al número de accidentes y, por consiguiente, al número de víctimas. Su total capacidad explicativa en los dos grupos advierte que su efecto es desemejante entre ellos en los tres riesgos definidos: un aumento similar de la tasa de paro en los dos grupos reduce esos riesgos en mayor medida en las provincias económicamente más desarrolladas, *ceteris paribus*. Este novedoso hallazgo impone la necesidad de descifrar en futuras investigaciones este efecto para describir más adecuadamente la siniestralidad vial en España, siendo conveniente intentar averiguar qué variables no consideradas en este estudio pueden relacionarse con el ciclo económico, el nivel de desarrollo económico y la accidentalidad vial.

La política de seguridad vial medida a través de la variable dummy que expresa la implantación del permiso de conducción por puntos evidencia una efectividad diferente en los dos grupos de provincias. Esta variable presenta un coeficiente negativo estadísticamente significativo respecto al riesgo de mortalidad en los dos grupos, en línea con lo obtenido por Novoa et al. (2010), si bien la magnitud de su efectividad es muy diferente en los dos grupos: reduce el riesgo de mortalidad tres veces más en las provincias con mayor desarrollo. Este resultado evidencia un desigual control del factor humano perseguido por esta medida en los dos grupos de provincias, constituyendo no sólo una contribución al conocimiento de la siniestralidad vial sino también un fundamento para la mejora del permiso de conducción por puntos en España.

Respecto al efecto de esta medida legislativa sobre el riesgo de lesividad, la efectividad sobre el riesgo de lesividad grave en el grupo de provincias con mayor renta per cápita (Castillo-Manzano et al., 2010) difiere con el coeficiente positivo estadísticamente significativo presentado en los modelos de riesgos de lesividad leve en dicho grupo de provincias, lo que revela que dicha medida no ha sido efectiva para minorar este último riesgo. Este resultado puede ser indicativo, por un lado, de una relevancia menor a la esperada por su aplicación (Castillo-Manzano et al., 2014) y, por otro, de un efecto de traslado de víctimas a una categoría de menor gravedad: el comportamiento más prudente de la sociedad tras su entrada en vigor y vigencia puede influir

más en reducir la gravedad de las víctimas heridas en un siniestro vial que en reducir el número de víctimas heridas (Rodríguez-López et al., 2016).

El nivel de exposición de los dos grupos de provincias es un factor explicativo de los riesgos de mortalidad y lesividad con coeficientes negativos estadísticamente significativos, en línea con lo obtenido en las investigaciones de Zeng et al. (2017a,b). Estos resultados evidencian en ambos grupos el predominio del efecto de menor velocidad en las vías interurbanas debido al mayor volumen de vehículos y congestión vial (Sánchez et al., 2018b). Así, la magnitud del efecto de esta variable en las tres tasas es similar en los dos grupos. Para la definición de las variables dependientes se ha utilizado el nivel de exposición de las provincias, lo que se relaciona directamente con la variable “volumen de tráfico”, obtenida utilizando dicho nivel de exposición y la longitud de las vías interurbanas. Esta dependencia puede explicar esta semejanza en su efecto en comparación con otros factores explicativos más independientes de los kilómetros recorridos en las provincias españolas.

La tasa de motorización se relaciona negativamente con los tres riesgos definidos en los dos grupos de provincias (Albalade y Bel, 2012; Castillo-Manzano et al., 2015b), lo que indica que predomina el efecto de un mayor desarrollo del transporte sobre la mayor exposición por niveles de motorización superiores. Si bien su efecto es similar sobre el riesgo de lesividad leve en los dos grupos, la magnitud del impacto en los riesgos de mortalidad y lesividad grave en las provincias de menor desarrollo es un 76% y 292% superior al estimado para las provincias más desarrolladas. La variación anual de la densidad de población se asocia negativamente con el riesgo de mortalidad y lesividad grave en las provincias más desarrolladas (Castillo-Manzano et al., 2016; Tolón-Becerra et al., 2013), verificándose en este grupo que las provincias más densamente pobladas cuentan con sistemas de transporte público más desarrollados y vías más congestionadas, entre otros factores. Así, este factor impacta de manera similar y negativamente en la tasa de lesividad leve en los dos grupos de provincias (Noland y Quddus, 2004; Noland et al., 2013).

La tasa de lesividad grave en los dos grupos se ve incrementada de manera similar en los con un mayor volumen de precipitaciones (Fridstrom et al., 1995; Yakolev e Inden, 2010). Esta asociación contrasta los resultados de Pei et al. (2012), quienes advierten que las precipitaciones se relacionan positivamente con la probabilidad de ocurrencia de un accidente, pero negativamente con la probabilidad de que el accidente se considere grave (muerte o lesión grave).

Tabla 3.1. Regresión multivariante del riesgo de mortalidad, lesividad grave y lesividad leve (estructura común AR 1)

	RIESGO DE MORTALIDAD		RIESGO DE LESIVIDAD GRAVE		RIESGO DE LESIVIDAD LEVE	
	Provincias de renta per cápita baja	Provincias de renta per cápita alta	Provincias de renta per cápita baja	Provincias de renta per cápita alta	Provincias de renta per cápita baja	Provincias de renta per cápita alta
<b>Producto Interior Bruto real</b>	4,34E-08 (0,825)	-7,67E-07* (0,001)	1,20E-06 (0,167)	-2,68E-06* (0,005)	-8,15E-07 (0,790)	-5,78E-06 (0,158)
<b>Tasa de desempleo</b>	-0,0002667* (0,000)	-0,0007787* (0,000)	-0,0015856* (0,000)	-0,0029304* (0,000)	-0,0014438* (0,026)	-0,0043032* (0,003)
<b>Permiso de conducción por puntos</b>	-0,0012007* (0,045)	-0,0042183* (0,000)	-0,0018865 (0,645)	-0,0083364* (0,004)	0,014268 (0,268)	0,0420564* (0,001)
<b>Volumen de tráfico</b>	-4,75E-06* (0,000)	-4,97E-06* (0,000)	-0,0000257* (0,000)	-0,0000208* (0,000)	-0,0000707* (0,000)	-0,0000633* (0,001)
<b>Tasa de motorización</b>	-0,0000658* (0,000)	-0,0000413* (0,000)	-0,000298* (0,000)	-0,0001396* (0,005)	-0,0005399* (0,000)	-0,0005447* (0,000)
<b>Variación anual de la densidad de población</b>	0,0001065 (0,109)	-0,0001991* (0,002)	0,000225 (0,549)	-0,0007693* (0,007)	-0,0021914** (0,099)	-0,0028654* (0,016)
<b>Precipitaciones</b>	8,41E-07 (0,216)	1,27E-06 (0,261)	7,33E-06** (0,066)	6,42E-06** (0,089)	2,31E-06 (0,870)	-0,0000185 (0,336)
<b>Proporción de vías de alta capacidad</b>	-0,0006053* (0,000)	0,0000324 (0,876)	-0,0014921* (0,017)	-0,0012078 (0,106)	-0,0039197** (0,060)	-0,0059728 (0,193)
<b>Inversión en reposición por kilómetro de vía</b>	-8,04E-06 (0,756)	1,66E-06 (0,954)	-0,0002275** (0,099)	-0,0002466* (0,007)	-0,0007225* (0,044)	-0,0004023 (0,506)
<b>Inversión en construcción por kilómetro de vía</b>	-0,0000176* (0,034)	0,0000139** (0,064)	-0,0000823* (0,019)	-4,00E-06 (0,881)	-0,0000632 (0,537)	0,0000749 (0,649)
<b>Inversión en reposición por kilómetro de vía retardada un período</b>	0,0000174 (0,489)	-7,58E-07 (0,979)	0,0000757 (0,588)	0,0000231 (0,781)	-0,0005629 (0,119)	-0,000118 (0,841)
<b>Inversión en construcción por kilómetro de vía retardada un período</b>	0,0000197* (0,021)	3,50E-06 (0,668)	-0,0000218 (0,507)	-7,54E-06 (0,811)	0,0001102 (0,264)	0,0001965 (0,265)
<b>Inversión en reposición por kilómetro de vía retardada dos períodos</b>	3,90E-06 (0,878)	-3,27E-06 (0,910)	0,0000806 (0,576)	-0,0001999* (0,018)	-0,0003228 (0,407)	-0,0000757 (0,896)
<b>Inversión en construcción por kilómetro de vía retardada dos períodos</b>	-4,16E-06 (0,622)	4,56E-06 (0,553)	0,0000125 (0,730)	-9,24E-06 (0,759)	0,0002192* (0,041)	0,0000465 (0,781)
<b>R<sup>2</sup></b>	0,9606	0,9499	0,9394	0,9189	0,9556	0,9072
<b>R<sup>2</sup> sin efectos provinciales</b>	0,8250	0,8716	0,7403	0,8087	0,8090	0,8000
<b>Wald chi2</b>	15.818,38	34.027,8	4.668,91	3.806,63	160.272,45	3.190,54
<b>Prob &gt; chi2</b>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Nota: El p-valor está expresado entre paréntesis. \* Estadísticamente significativo al 5% \*\* Estadísticamente significativo al 10%

Tabla 3.2. Regresión multivariante del riesgo de mortalidad, lesividad grave y lesividad leve (estructura específica-panel AR1)

	RIESGO DE MORTALIDAD		RIESGO DE LESIVIDAD GRAVE		RIESGO DE LESIVIDAD LEVE	
	Provincias de renta per cápita baja	Provincias de renta per cápita alta	Provincias de renta per cápita baja	Provincias de renta per cápita baja	Provincias de renta per cápita alta	Provincias de renta per cápita baja
<b>Producto Interior Bruto real</b>	1,25E-07 (0,531)	-7,99E-07* (0,000)	9,38E-07 (0,220)	-3,14E-06* (0,001)	5,99E-07 (0,817)	-2,80E-06 (0,425)
<b>Tasa de desempleo</b>	-0,0002433* (0,000)	-0,0007974* (0,000)	-0,0014976* (0,000)	-0,0032316* (0,000)	-0,0013594* (0,012)	-0,0042011* (0,001)
<b>Permiso de conducción por puntos</b>	-0,001098* (0,043)	-0,0040819* (0,000)	-0,0010242 (0,781)	-0,0092252* (0,000)	0,0149141 (0,155)	0,0374516* (0,001)
<b>Volumen de tráfico</b>	-4,71E-06* (0,000)	-4,62E-06* (0,000)	-0,0000223* (0,000)	-0,0000224* (0,000)	-0,0000657* (0,000)	-0,000065* (0,000)
<b>Tasa de motorización</b>	-0,0000681* (0,000)	-0,0000385* (0,000)	-0,000305* (0,000)	-0,0000777* (0,018)	-0,0004993* (0,000)	-0,0004566* (0,000)
<b>Variación anual de la densidad de población</b>	0,0000842 (0,166)	-0,0001698* (0,007)	0,0001891 (0,602)	-0,0008387* (0,003)	-0,0025845* (0,028)	-0,0025794* (0,015)
<b>Precipitaciones</b>	7,71E-07 (0,218)	1,37E-06 (0,228)	6,77E-06** (0,065)	8,33E-06* (0,025)	6,00E-06 (0,575)	-0,0000117 (0,490)
<b>Proporción de vías de alta capacidad</b>	-0,0006047* (0,000)	0,0000632 (0,753)	-0,0014181* (0,021)	-0,0010306 (0,142)	-0,0055448* (0,000)	-0,0063442 (0,126)
<b>Inversión en reposición por kilómetro de vía</b>	-0,0000198 (0,425)	-7,47E-06 (0,781)	-0,0001746 (0,185)	-0,0002553* (0,001)	-0,0008357* (0,010)	-0,0004415 (0,416)
<b>Inversión en construcción por kilómetro de vía</b>	-0,0000186* (0,012)	0,0000131* (0,049)	-0,0000853* (0,010)	0,0000343 (0,145)	-0,0000316 (0,733)	0,0000494 (0,739)
<b>Inversión en reposición por kilómetro de vía retardada un período</b>	0,0000224 (0,370)	-3,64E-06 (0,895)	0,00004 (0,766)	0,0000508 (0,498)	-0,0005414** (0,093)	-0,000219 (0,684)
<b>Inversión en construcción por kilómetro de vía retardada un período</b>	0,0000241* (0,002)	6,18E-06 (0,401)	-3,23E-06 (0,918)	0,0000169 (0,539)	0,0000931 (0,286)	0,0001931 (0,214)
<b>Inversión en reposición por kilómetro de vía retardada dos períodos</b>	-0,0000122 (0,611)	-0,000017 (0,538)	0,0000503 (0,717)	-0,0002117* (0,004)	-0,000311 (0,361)	-0,0001255 (0,813)
<b>Inversión en construcción por kilómetro de vía retardada dos períodos</b>	-5,93E-06 (0,439)	1,26E-06 (0,855)	0,0000342 (0,319)	-0,0000167 (0,549)	0,0001857** (0,057)	0,000058 (0,695)
<b>R<sup>2</sup></b>	0,9689	0,9580	0,9537	0,9308	0,9720	0,9180
<b>R<sup>2</sup> sin efectos provinciales</b>	0,8546	0,8863	0,7811	0,8567	0,8771	0,8523
<b>Wald chi2</b>	24.533,34	1,27E+06	375.058,65	210.819,53	114.676,51	6.179,23
<b>Prob &gt; chi2</b>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Nota: El p-valor está expresado entre paréntesis. \* Estadísticamente significativo al 5% \*\* Estadísticamente significativo al 10%

La calidad de la infraestructura vial, medida por la proporción de vías de alta capacidad, resulta un factor importante para la lucha contra la accidentalidad vial en el grupo de provincias de menor desarrollo económico, independientemente del riesgo seleccionado, en línea con los estudios de Albalate y Bel (2012) y Rivas-Ruiz et al. (2007). La repercusión favorable de esta variable en el nivel de accidentalidad se produce especialmente por su gran capacidad para reducir los accidentes fatales (Dadashova et al., 2016), lo que debe ser considerado para mejorar la distribución de los recursos destinados a la política de seguridad vial en el futuro.

El esfuerzo inversor en mantener la calidad y condiciones de la infraestructura vial por kilómetro de vía existente es efectivo en la reducción del riesgo grave (provincias más desarrolladas) y leve (provincias de menor nivel de desarrollo económico), resultados similares a los alcanzados por Albalate et al. (2013) y Fridstrom e Ingebrigsten (1991). Por ello, conservar las vías interurbanas en el mejor estado posible se convierte en una herramienta imprescindible para los dos grupos para reducir el riesgo de sufrir heridas en accidentes viales. La importancia del mantenimiento de las vías es avalada por la efectividad de la inversión en reposición por kilómetro de vía del año previo para las provincias menos desarrolladas (tasa de lesividad leve) y la realizada dos años atrás para las de mayor nivel de desarrollo económico (riesgo de lesividad grave). El patrón de asociación de estas inversiones no es sustentado por ningún estudio, por lo que probablemente esos efectos sean producidos por la estocasticidad de los modelos estimados.

Finalmente, la accidentalidad vial en los dos grupos de provincias se ve afectada de diferente manera a la esperada por la inversión en nueva construcción por kilómetro de vía existente. El riesgo de fallecer en un accidente de tráfico en las provincias de mayor nivel de desarrollo económico se ve incrementado por la inversión en construcción por kilómetro del año en curso. Este efecto no está soportado por ninguna investigación, lo que no sólo es relevante para la literatura científica sino también para la distribución de los recursos destinados a la infraestructura vial en este grupo de provincias. Para el grupo de provincias con menor desarrollo económico, la inversión en construcción por kilómetro de vía existente del año en curso presenta coeficientes negativos estadísticamente significativos respecto a la tasa de mortalidad y de lesividad grave (Albalate et al., 2013). Sin embargo, la inversión en construcción realizada el año previo incrementa el riesgo de fallecer en sus vías y la ejecutada dos años atrás el riesgo de sufrir heridas leves, resultados similares a los obtenidos por Sánchez et al. (2018b). Estos coeficientes positivos indican, por un lado, que con estas inversiones se origina el denominado “efecto Peltzman”: una nueva inversión puede conducir a una mayor demanda de la infraestructura y a una mayor velocidad asumida por la calidad de la vía, lo que implica un mayor riesgo para los

conductores, produciéndose un efecto contrario al deseado (Peltzman, 1975). Por otro lado, se asocia cierta familiaridad de la vía a una mayor conducción: una exposición más repetida induce a los conductores a reducir la atención en la tarea de conducir, lo que constituye un mayor riesgo para ellos (Charlton y Starkey, 2013), principalmente debido a comportamientos más peligrosos relacionados con mayores velocidades de viaje (Colonna et al., 2016) y un manejo o conducción más distraída (Intini et al., 2018; Wu y Xu, 2018). La magnitud del coeficiente para la inversión retardada respecto al riesgo de mortalidad se ve superada por el obtenido por la ejecutada en el año en curso, por lo que la efectividad de este tipo de inversión puede ser cuestionada en este grupo de provincias.

### 3.2.2. Distribución geográfica del riesgo de fatalidad y lesividad

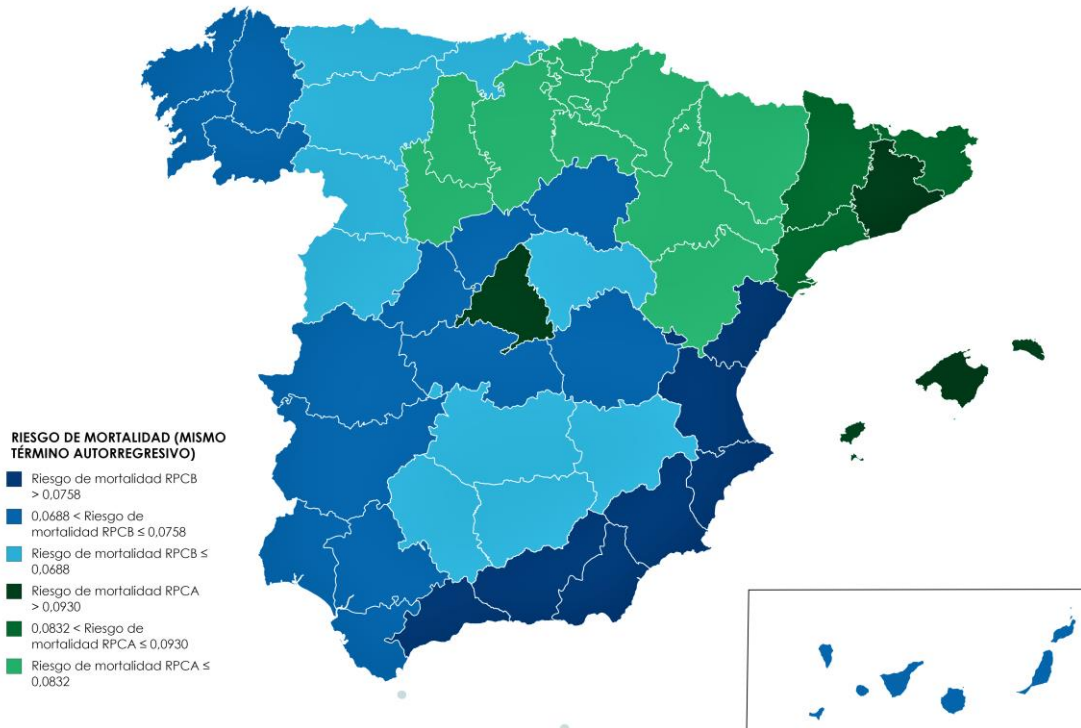
Con la introducción de variables dummy que miden el “efecto provincia” en los modelos de cada grupo de provincias se pueden estimar las diferentes tasas o riesgos que tienen las provincias españolas originados por las condiciones o características específicas de cada una de ellas o variables que no han podido ser incluidas en los modelos. En los modelos estimados para el grupo de provincias españolas de renta per cápita baja se incorporan 33 variables dummy y para el grupo de renta per cápita alta 17 variables dummy, en función de las provincias que conforman cada grupo, siendo todas ellas significativas estadísticamente en todos los modelos estimados.

En las tablas 3.1 y 3.2 se indica el valor del  $R^2$  de los modelos estimados para cada uno de los grupos de provincias sin incluir las variables dummy que captan los efectos fijos provinciales. En todos esos modelos, el  $R^2$  es inferior al obtenido en los modelos en los que se incluyen variables explicativas y efectos fijos, lo que indica la necesidad de estimar el valor de las variables dummy para conseguir los mejores resultados. La distribución geográfica de los riesgos se expresa conjuntamente, identificando las provincias de menor desarrollo económico en color azul y las provincias con mayor nivel de desarrollo económico en color verde.

La fragmentación y empleo de la base de datos construida por Sánchez et al. (2018a) en dos conjuntos de provincias con niveles de desarrollo económico diferentes logra mejorar las distribuciones geográficas de los tres tipos de riesgos encontradas por Sánchez et al. (2018b). Las estimaciones en cada grupo consiguen una identificación más precisa de las zonas cuyas características específicas incrementan su riesgo de accidentalidad, principalmente en el grupo de menor desarrollo económico, consiguiendo un patrón geográfico menos heterogéneo. Además, el examen de los intervalos construidos en cada grupo de provincias en los riesgos de

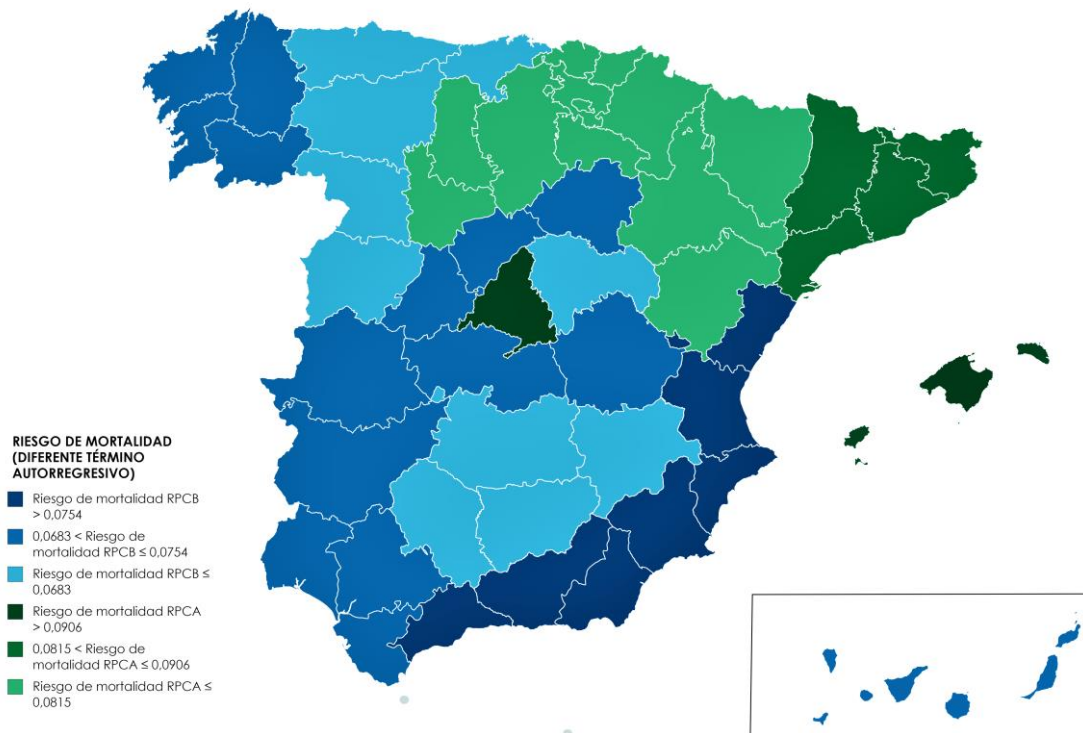
mortalidad y lesividad leve evidencia la gran desemejanza existente en el efecto de las características provinciales sobre ellos: el último intervalo (menor riesgo) en el grupo más desarrollado es superior al primer intervalo (mayor riesgo) en el de menor nivel económico, lo que confirma el desigual impacto de las condiciones propias de las provincias que los conforman.

Figura 3.4. Tasa de mortalidad en las provincias de renta per cápita baja (RPCB) y renta per cápita alta (RPCA) debido a características específicas de las provincias (similar término autorregresivo)



El mayor riesgo de mortalidad originado por las condiciones específicas de las provincias con mayor nivel de desarrollo económico se concentra en Madrid, Islas Baleares y las provincias que conforman Cataluña (figuras 3.4 y 3.5), con un riesgo de mortalidad superior a 0,0815 muertos por MVKR, las mismas provincias identificadas en la investigación de Sánchez et al. (2018b). Esta similitud en los resultados indica que la fragmentación de la base de datos no afecta a la identificación de las zonas con mayor riesgo en este grupo, por lo que probablemente las condiciones específicas de estas provincias influyan de manera similar independientemente de la menor población de estudio incluida en estos modelos.

Figura 3.5. Tasa de mortalidad en las provincias de renta per cápita baja (RPCB) y renta per cápita alta (RPCA) debido a características específicas de las provincias (diferente término autorregresivo)



El patrón geográfico del riesgo de mortalidad en las provincias con menor desarrollo económico revela que existen cinco zonas de provincias con mayor riesgo que el resto del grupo (figura 3.4 y 3.5). La primera zona, con una tasa de mortalidad superior a 0,0754 muertos por MVKR, se compone de las provincias situadas en el Mediterráneo (Alicante, Castellón, Valencia, Murcia, Almería, Granada y Málaga). La segunda (Santa Cruz de Tenerife y Las Palmas de Gran Canaria), tercera (provincias gallegas), cuarta (provincias colindantes a Madrid y Soria, salvo Guadalajara) y quinta (provincias del centro y sur de España de paso a Portugal) obtienen un riesgo de mortalidad de entre 0,0683 y 0,0754 muertos por MVKR.

Las variables omitidas en los modelos y las características específicas de las provincias españolas impactan de manera prácticamente similar sobre el riesgo de sufrir heridas graves en un accidente de tráfico (figuras 3.6 y 3.7). Madrid, Islas Baleares y las provincias de Cataluña (salvo Lleida) registran un riesgo de lesividad grave superior a 0,2945 heridos graves por MVKR. Así, las condiciones propias de Vizcaya y Guipúzcoa tienen una mayor afectación en este tipo de riesgos definido.

Figura 3.6. Tasa de lesividad grave en las provincias de renta per cápita baja (RPCB) y renta per cápita alta (RPCA) debido a características específicas de las provincias (similar término autorregresivo)

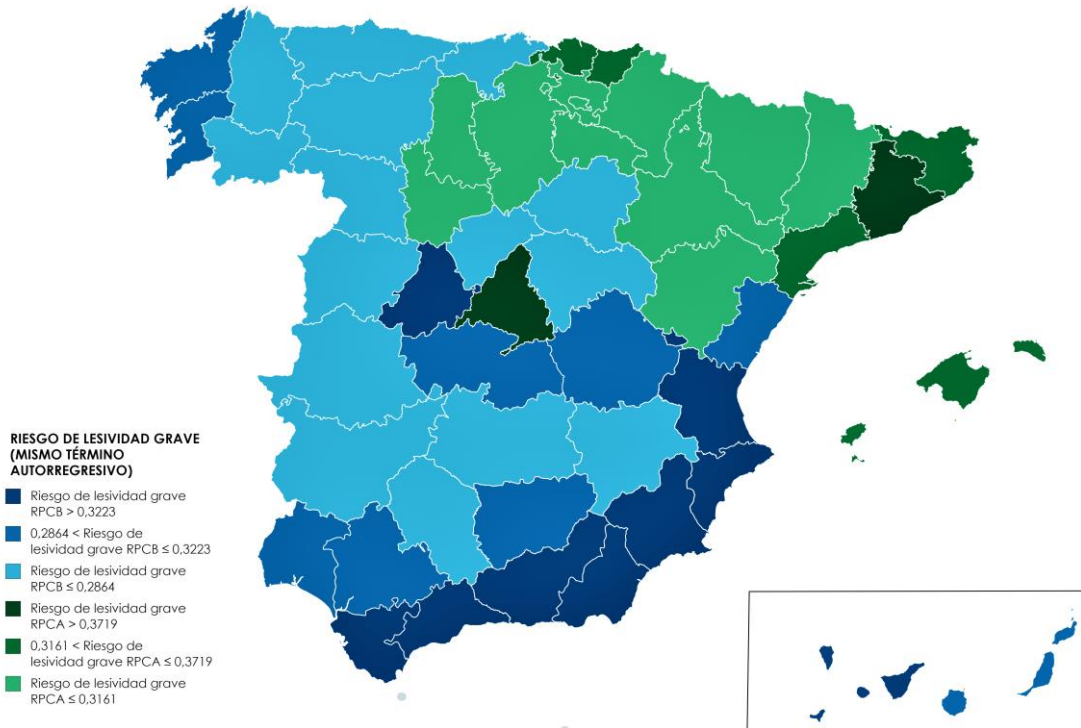
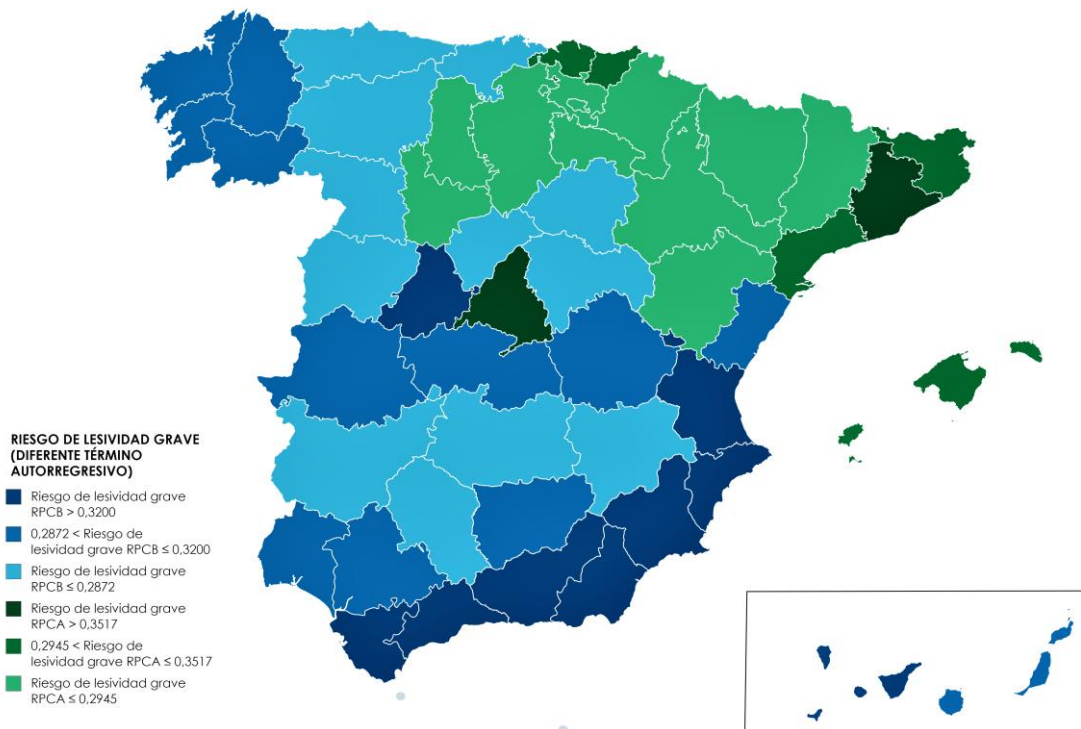
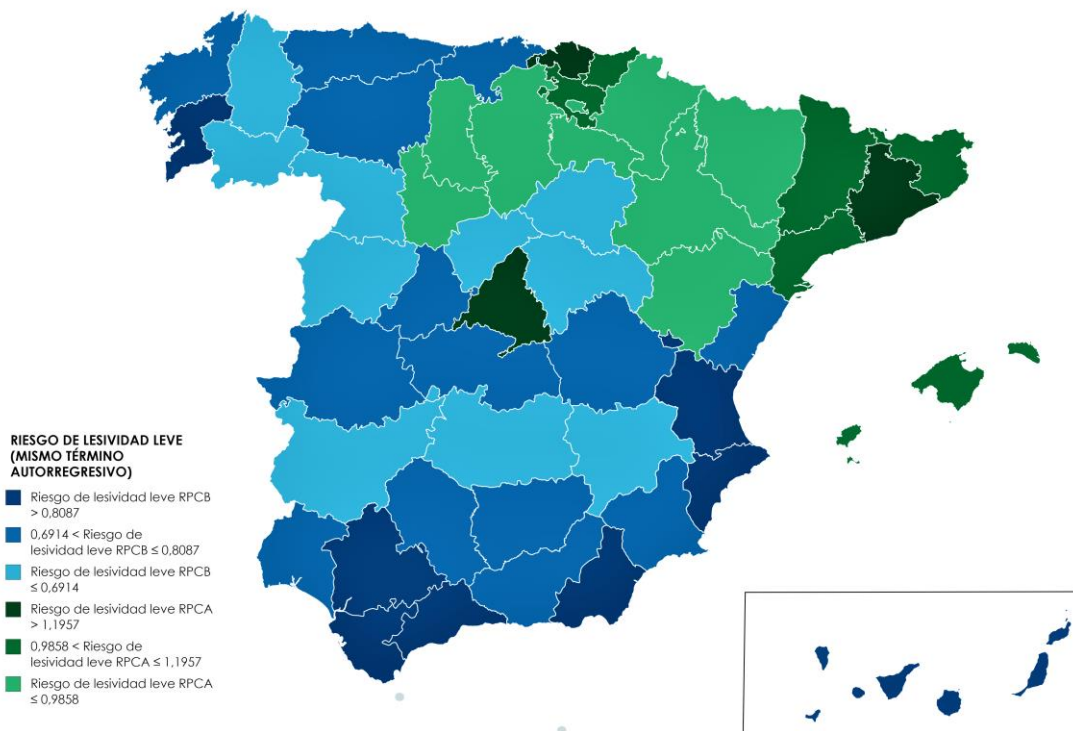


Figura 3.7. Tasa de lesividad grave en las provincias de renta per cápita baja (RPCB) y renta per cápita alta (RPCA) debido a características específicas de las provincias (diferente término autorregresivo)



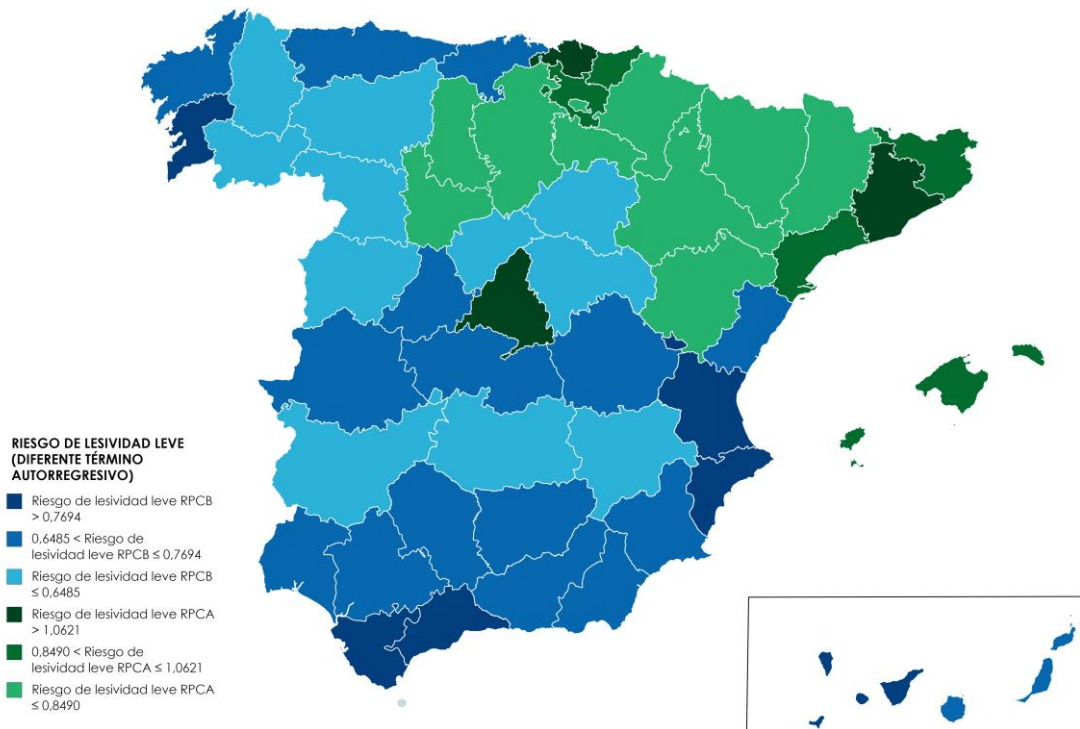
El patrón geográfico del riesgo grave en las provincias con menor desarrollo económico es prácticamente semejante al del riesgo de fallecer en un accidente de tráfico (figura 3.6 y 3.7). Así, las provincias del grupo situadas en el Mediterráneo, Jaén, Huelva y Sevilla (primera zona), las provincias de Galicia (segunda zona), las que integran las Islas Canarias (tercera zona) y las provincias de Cáceres, Ávila, Toledo y Cuenca (cuarta zona) presentan un riesgo de lesividad grave superior a 0,2872. La incidencia de las características específicas de Segovia, Soria y Badajoz es menor sobre el riesgo de sufrir heridas graves en accidentes viales que sobre el de fallecer en ellos.

**Figura 3.8. Tasa de lesividad leve en las provincias de renta per cápita baja (RPCB) y renta per cápita alta (RPCA) debido a características específicas de las provincias (similar término autorregresivo)**



La estructura geográfica de la tasa de lesividad leve difiere en mayor medida respecto a los dos riesgos anteriormente examinados (figuras 3.8 y 3.9). En el grupo de provincias con mayor renta per cápita las condiciones específicas afectan de manera similar, por lo que las de Madrid, Islas Baleares, las provincias que componen el País Vasco y las provincias de Cataluña conducen a registros de tasa de lesividad leve superiores a 0,8490 heridos leves por MVKR. La similitud evidenciada en los tres riesgos o tasas definidas en este grupo de provincias pone en evidencia que sus condiciones especiales influyen de manera similar en los tres riesgos de siniestralidad definidos.

Figura 3.9. Tasa de lesividad leve en las provincias de renta per cápita baja (RPCB) y renta per cápita alta (RPCA) debido a características específicas de las provincias (diferente término autorregresivo)



La distribución geográfica del riesgo de lesividad leve en el grupo de menor desarrollo económico manifiesta una mayor desigualdad respecto a los dos riesgos anteriores examinados. En las figuras 3.8 y 3.9 se pueden observar cuatro zonas de provincias cuyo riesgo de lesividad leve supera los 0,6485 heridos leves por MVKR. Una primera zona, compuesta por Santa Cruz de Tenerife y Las Palmas de Gran Canaria. Al sur y sureste, la segunda zona engloba a Murcia, las provincias de la Comunidad Valenciana y las de Andalucía. En el centro, Cáceres, Ávila, Toledo y Cuenca son identificadas como tercera zona. Por último, las provincias del norte de A Coruña, Pontevedra, Cantabria y Asturias constituyen la última zona de provincias con mayor riesgo de lesividad leve en este grupo.

La distribución geográfica conjunta de los riesgos definidos constata la necesidad de considerar el efecto de las condiciones propias de las provincias españolas para lograr un mayor conocimiento de la siniestralidad vial en España. Así, los patrones geográficos expresados por las figuras 3.4 a 3.9 pueden ser explicados por diversos factores. Independientemente del nivel de desarrollo económico del grupo de pertenencia, la repercusión del sector turístico de las provincias de Madrid, Islas Baleares, Santa Cruz de Tenerife, Las Palmas de Gran Canaria y las situadas en el litoral del Mediterráneo probablemente afecte más a su siniestralidad vial que al

resto de provincias españolas. Estas provincias reciben un volumen considerable de turistas anualmente, lo que está asociado positivamente con el número de accidentes viales (Roselló y Saenz-de-Miera, 2011). Por tanto, el turismo puede originar externalidades negativas relacionadas con la seguridad vial en estas provincias españolas. Aunque es cierto que el indicador de exposición utilizado para expresar los riesgos permite ajustar por, entre muchos factores, el mayor o menor volumen de desplazamientos, puede haber diferencias en las habilidades de conducción de la población conductora, principalmente entre residentes y turistas, derivadas del conocimiento de las vías interurbanas.

En segundo lugar, la costa del Mediterráneo adolece de una oferta de transporte público mucho más escasa que otras provincias españolas, teniendo en cuenta que, por ejemplo, tanto la infraestructura viaria como ferroviaria se distribuyen de forma radial desde el centro de España (Madrid), lo que puede explicar el mayor riesgo de accidentalidad (Sánchez et al., 2018b). En tercer lugar, la orografía más compleja de algunas de las provincias de la costa mediterránea (pertenecientes a la Cordillera Costera Catalana, el Sistema Ibérico o el Sistema Bético) puede incidir en el trazado de sus vías, con un mayor número de curvas, desniveles o puntos de acceso a sus vías interurbanas, aumentando en ellas el riesgo de fallecer o sufrir heridas en accidentes de tráfico.

La menor heterogeneidad de riesgo representada en las figuras 3.4 a 3.9 revela nuevas zonas con riesgos de mortalidad y lesividad superiores en comparación con los resultados obtenidos en la investigación realizada por Sánchez et al. (2018b). Con las estimaciones de este estudio se identifican tres nuevas zonas con mayor riesgo: las provincias de Galicia, algunas provincias colindantes a Madrid y provincias de la mitad centro-sur o anexas/limítrofes a Portugal.

En primer lugar, los mayores riesgos de mortalidad y lesividad de las provincias de Galicia pueden originarse por diversos motivos: mayor dispersión de su población y mayor necesidad de desplazamientos diarios, complicada orografía en comparación a otras provincias con mayores llanuras, el impacto desfavorable de su climatología (variables no incorporadas a los modelos) y exceso de confianza de su población conductora, ya que la mayor conducción bajo condiciones climatológicas desfavorables puede llevar a dicha población a una mayor confianza de controlar la conducción en esas situaciones.

En segundo lugar, los mayores riesgos de mortalidad y lesividad obtenidos por provincias como Ávila, Toledo y Cuenca probablemente se produzcan por dos factores no incluidos en los modelos. Primero, la orografía de las provincias, al situarse en parte del Sistema Central (Ávila), Montes de Toledo (Toledo) y Sistema Ibérico (Cuenca). Segundo, la proximidad de estas

provincias les concede, por un lado, el carácter de zona de paso desde el noroeste y suroeste de España y, por otro lado, la posibilidad de acoger un mayor número de desplazamientos laborales con la provincia de Madrid.

En tercer y último lugar, las provincias limítrofes y más próximas al centro-sur de Portugal (Cáceres, Huelva, Sevilla y Badajoz) también registran mayores riesgos de mortalidad o lesividad respecto al resto de provincias del grupo de menor desarrollo económico, lo que puede deberse a varias razones. La primera, su situación geográfica. Estas provincias están situadas entre Portugal y el resto de las provincias españolas, lo que las caracteriza como zona de paso. La segunda, la precaria infraestructura ferroviaria presente en las provincias de Badajoz y Cáceres demuestra que adolecen de alternativas de transporte adecuados al siglo XXI, manteniendo una oferta de transporte público deficiente en comparación con otras provincias españolas, lo que puede configurar patrones de desplazamiento diferentes.

### 3.3. Conclusiones

Esta investigación trata de examinar, por un lado, qué diferencias existen en el impacto de las condiciones económicas provinciales sobre los riesgos de mortalidad, lesividad grave y lesividad leve entre las provincias españolas dependiendo de su nivel de desarrollo y, por otro, obtener la distribución geográfica de los riesgos de muerte y lesión de las provincias dependiendo de su nivel de renta per cápita. Para ello, se han estimado modelos de datos de panel con estimadores PCSE para las provincias españolas agrupadas en función del peso medio de su PIB per cápita respecto al nacional en 2000-2015.

Las estimaciones obtenidas evidencian disparidades en el efecto de la desigualdad económica interterritorial sobre los riesgos de mortalidad y lesividad no solamente como un factor propiamente explicativo sino también vinculado al efecto dispar de otros factores relacionados sobre el riesgo de fallecer o sufrir heridas en accidentes de tráfico. Por ello, el nivel de desarrollo económico (PIB per cápita), la situación económica (tasa de desempleo) y la concentración demográfica (densidad de población) se erigen como determinantes importantes para luchar contra la siniestralidad vial en las provincias más desarrolladas. Así, es imprescindible para ellas la revisión de la política de seguridad vial en relación con el control del factor humano en base a la relativa efectividad de la implantación del permiso de conducción por puntos en el período estudiado.

Los resultados del presente estudio confirman que el nivel de desarrollo del transporte (ratio de motorización) y la infraestructura vial (proporción de vías de alta capacidad e inversión en reposición por kilómetro de vía existente) deben servir como herramientas en el grupo de provincias de menor nivel de desarrollo económico para sus decisores políticos en la batalla frente a los accidentes de tráfico en vías interurbanas. Asimismo, la investigación presente impone a la literatura científica y a la sociedad política la necesidad de realizar un análisis de la efectividad del esfuerzo inversor realizado en todas las provincias españolas en la construcción de nuevas vías.

La metodología escogida en esta investigación permite advertir la significación para la seguridad vial en España de las peculiaridades o características propias de sus provincias. Las estimaciones de los riesgos de mortalidad y lesividad dependiendo de la desigualdad económica interterritorial de las provincias consigue identificar de forma más precisa qué zonas o provincias presentan niveles de siniestralidad vial superiores. El patrón geográfico configurado en esta investigación debe servir de base no sólo para el futuro en la investigación científica sino también para revisar la política de seguridad vial en España en su lucha contra la siniestralidad vial.

CAPÍTULO IV. AHORROS DE COSTES  
PROVINCIALES EN LOS ACCIDENTES  
VIALES EN ESPAÑA

---



## 4.1. Introducción

El desarrollo de la presente Tesis Doctoral permite ya afirmar que los accidentes son un problema de salud pública con consecuencias económicas y sociales irreparables para la sociedad. De hecho, la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible ha definido como uno de sus objetivos “conseguir una reducción del 50% de las muertes y traumatismos generados por la siniestralidad vial”, fundamentado en la gran carga social, sanitaria y económica que suponen los accidentes viales (WHO, 2015).

La valoración económica de los accidentes de tráfico y del ahorro de costes conseguido por la política vial supone un verdadero reto para la comunidad científica. El concepto más utilizado en la valoración económica de los accidentes de tráfico es el valor de una vida estadística (costes humanos): cantidad de dinero que la sociedad está dispuesta a pagar por reducir el riesgo de fallecimiento en un siniestro vial (Miller, 2000). Su importancia en la definición del coste de los accidentes viales, asociada al sufrimiento y la pérdida de calidad de vida tanto de las víctimas como de sus familiares, hace necesaria una valoración apropiada para lograr una adecuada evaluación de la idoneidad de las medidas de seguridad vial (Martínez et al., 2015; Wijnen et al., 2009). En España, dos estudios han cifrado el coste de su siniestralidad vial en 6.280 y 9.039 millones de € (Lladó y Roig, 2007; López Bastida et al., 2004), lo que supone 157 € y 205 € por habitante respectivamente. Otras investigaciones, cuyas poblaciones de estudio han sido unidades territoriales inferiores (ciudad o Comunidad Autónoma), han valorado ese coste entre 144 y 1.678 millones de € (García-Altés y Pérez, 2007; García-Altés y Puig-Junoy, 2011; López Bastida et al., 2001; Pereira, 2007), representando por habitante de 147 € a 610 €. Estas disparidades en las estimaciones de las diferentes investigaciones se producen, principalmente, por la elección de períodos de estudio diferentes, el diferente nivel de siniestralidad vial de la unidad territorial escogida y el método aplicado para cifrar el valor del coste humano.

El elevado costo que suponen los accidentes de tráfico ha obligado a muchos países a implementar medidas legislativas en materia de seguridad vial para reducir su siniestralidad, por lo que éstas se han convertido en una de las principales herramientas para modificar la tasa de accidentalidad (Naumann et al., 2010). Aunque las intervenciones en seguridad vial tratan de modificar los tres elementos que inciden en ella (vehículo, infraestructura y factor humano) (Novoa et al., 2009), la consideración del factor humano como uno de los causantes principales (Montoro, 2008) ha llevado a la mayoría de los países a centrar sus esfuerzos en mejorar este elemento, principalmente mediante la implementación de una licencia de conducción por puntos. Los resultados logrados por otros países (Castillo-Manzano y Castro-Nuño, 2012), con un

efecto sobre la sensibilización y contra la reincidencia (Dirección General de Tráfico, 2003), impulsaron a España a aplicar un sistema de permiso y licencia de conducción por puntos en 2006 (Ley 17/2005). Precisamente, su carácter reeducador y su efecto sancionador (Castillo-Manzano et al., 2010; Novoa et al., 2010) así como el apoyo con la reforma del Código Penal en materia de seguridad vial en 2007 (Ley 15/2007) han sido claves para su efectividad, contribuyendo en el logro del objetivo en materia de seguridad vial impuesto por la Unión Europea de reducir en un 50% los fallecidos en vías interurbanas en el período 2001-2010 (Dirección General de Tráfico, 2011) e incidiendo positivamente en el uso del cinturón de seguridad, la reducción de los excesos de velocidad o los controles de alcoholemia positivos (International Transport Forum, 2015).

La consecución de buenos resultados con la implantación del permiso de conducción por puntos a nivel nacional (Sánchez et al., 2018b) no implica que, necesariamente, todas las provincias españolas hayan logrado resultados similares. Disparidades entre las provincias en factores tradicionalmente asociados a la siniestralidad vial como el nivel de desarrollo económico (Bishai et al., 2006; Traynor, 2009b), las condiciones sociodemográficas o climatológicas (Sánchez et al., 2018b) o la mejora de la infraestructura vial (Albalade et al., 2013), entre otros, pueden generar disparidades en la reducción del número de víctimas y, por ende, en el ahorro de costes por el número de víctimas evitadas.

Aplicando la metodología expuesta en el apartado 1.4.2, la investigación expuesta en este capítulo pretende analizar dichas disparidades, por lo que trata de determinar si en el período en el que está implantado el permiso de conducción por puntos se han conseguido beneficios económicos superiores a los registrados en el período previo a su implantación en las vías interurbanas, examinando qué diferencias existen entre las provincias españolas en función del desemejante nivel de diversos factores relacionados con la siniestralidad vial (objetivo IV).

## 4.2. Ahorro de costes en las provincias españolas estratificadas aplicando un análisis clúster

Los resultados expuestos en la tabla 4.1, vinculados a la investigación “*Ahorro de costes provinciales en los accidentes viales en España (2000-2014)*” aceptada para su publicación en *Gaceta Sanitaria*, permiten advertir la existencia de grandes diferencias en el ahorro de costes obtenidos antes y después de la implantación del permiso de conducción por puntos. Estos resultados completos, sin estratificar, deben servir para comprobar la diferente capacidad que las provincias españolas han tenido para evitar víctimas en sus vías interurbanas.

CAPÍTULO IV. AHORROS DE COSTES PROVINCIALES EN LOS ACCIDENTES VIALES EN ESPAÑA

Tabla 4.1. Resultados de los indicadores de ahorro de costes del conjunto de las provincias

	MUERTOS						HERIDOS GRAVES						HERIDOS LEVES					
	INDICADOR 1		INDICADOR 2		INDICADOR 3		INDICADOR 1		INDICADOR 2		INDICADOR 3		INDICADOR 1		INDICADOR 2		INDICADOR 3	
	2000-05	2006-14	2000-05	2006-14	2000-05	2006-14	2000-05	2006-14	2000-05	2006-14	2000-05	2006-14	2000-05	2006-14	2000-05	2006-14	2000-05	2006-14
A Coruña	12,40	12,45	0,064%	0,054%	4.025,82	2.202,54	12,23	13,00	0,067%	0,056%	3.835,60	2.295,76	0,78	0,12	0,0039%	0,0004%	228,59	22,28
Álava	18,69	14,42	0,055%	0,039%	4.341,12	2.311,74	17,04	5,22	0,049%	0,013%	3.620,35	790,42	0,48 <sup>a</sup>	0,54	0,0017% <sup>a</sup>	0,0014%	17,25 <sup>a</sup>	74,46
Albacete	18,45	12,28	0,105%	0,062%	4.052,49	1.714,60	3,49	9,12	0,019%	0,046%	1.204,57	1.297,09	0,08 <sup>a</sup>	1,19	0,0003% <sup>a</sup>	0,0061%	51,94	170,47
Alicante	1,41	9,49	0,007%	0,048%	1.766,81	1.780,63	7,27	6,22	0,037%	0,033%	2.625,38	1.231,71	0,04	0,17	0,0002%	0,0008%	98,30	9,43
Almería	7,66 <sup>a</sup>	19,51	0,038% <sup>a</sup>	0,094%	617,47	3.451,39	3,78	15,45	0,021%	0,078%	2.364,57	2.814,72	0,05	0,05	0,0002%	0,0002%	97,99	27,84 <sup>a</sup>
Asturias	5,57	8,78	0,026%	0,038%	1.722,17	1.482,55	8,83	3,66	0,043%	0,016%	2.130,87	589,72	0,05	0,44	0,0001%	0,0019%	69,52	56,99
Ávila	9,98	28,00	0,053%	0,142%	2.400,51	3.337,33	17,79 <sup>a</sup>	28,91	0,104% <sup>a</sup>	0,145%	1.405,28 <sup>a</sup>	3.484,33	0,37	0,12	0,0019%	0,0007%	95,75	3,26
Badajoz	17,34	5,30	0,117%	0,032%	5.170,93	1.090,89	11,65	4,74	0,082%	0,028%	3.387,57	965,99	0,20 <sup>a</sup>	0,08	0,0014% <sup>a</sup>	0,0005%	2,06	16,61
Barcelona	5,94	2,97	0,020%	0,010%	1.861,62	737,30	3,41	1,79	0,012%	0,006%	1.086,21	429,92	0,52	0,65 <sup>a</sup>	0,0018%	0,0021% <sup>a</sup>	150,80	190,73 <sup>a</sup>
Burgos	15,82	22,23	0,058%	0,080%	2.775,03	2.128,78	7,76	14,24	0,030%	0,052%	1.495,42	1.376,33	0,14	1,25	0,0004%	0,0045%	80,09	116,18
Cáceres	22,61	12,45	0,149%	0,072%	4.983,10	2.327,00	3,53	9,05	0,022%	0,053%	1.073,88	1.667,88	0,41 <sup>a</sup>	0,51	0,0030% <sup>a</sup>	0,0030%	38,97 <sup>a</sup>	109,46
Cádiz	2,57	7,28	0,013%	0,039%	2.811,26	1.728,73	2,39 <sup>a</sup>	8,16	0,013% <sup>a</sup>	0,044%	912,57	2.006,24	0,67 <sup>a</sup>	0,56	0,0039% <sup>a</sup>	0,0032%	37,75 <sup>a</sup>	123,81
Cantabria	21,93	2,98	0,099%	0,013%	4.098,23	445,18	7,55	4,29	0,034%	0,019%	1.633,97	621,69	0,09 <sup>a</sup>	0,26	0,0006% <sup>a</sup>	0,0012%	59,55	35,31
Castellón	5,97	14,30	0,024%	0,059%	2.391,93	2.187,65	4,29	9,04	0,019%	0,039%	1.434,64	1.446,99	0,19 <sup>a</sup>	0,45	0,0008% <sup>a</sup>	0,0019%	24,84	61,81
Ciudad Real	7,80	12,14	0,035%	0,063%	2.514,58	1.847,68	0,41	10,67	0,000%	0,054%	839,57	1.650,88	0,47 <sup>a</sup>	0,56	0,0027% <sup>a</sup>	0,0028%	20,21 <sup>a</sup>	76,19
Córdoba	0,83 <sup>a</sup>	9,00	0,003% <sup>a</sup>	0,048%	887,52	2.140,08	4,98	4,37	0,029%	0,025%	2.045,39	1.053,18	0,22 <sup>a</sup>	0,38	0,0014% <sup>a</sup>	0,0021%	14,17	81,07
Cuenca	5,81	35,05	0,030%	0,171%	1.409,80	2.334,22	6,70 <sup>a</sup>	27,10	0,041% <sup>a</sup>	0,135%	135,74	1.841,56	0,08	1,15	0,0000%	0,0057%	57,82	65,73
Girona	18,45	14,32	0,064%	0,052%	2.295,14	2.011,99	2,15	7,36	0,007%	0,024%	276,68	964,26	1,04	1,07 <sup>a</sup>	0,0036%	0,0032% <sup>a</sup>	129,44	154,18 <sup>a</sup>
Granada	7,00	9,79	0,042%	0,053%	3.199,99	1.429,81	5,16	12,05	0,036%	0,068%	2.619,41	1.902,74	0,27 <sup>a</sup>	0,04	0,0017% <sup>a</sup>	0,0001%	46,62	14,46 <sup>a</sup>
Guadalajara	2,18 <sup>a</sup>	20,98	0,006% <sup>a</sup>	0,098%	1.667,38	2.101,50	9,45	11,29	0,049%	0,056%	2.201,17	1.259,76	0,67 <sup>a</sup>	0,61	0,0032% <sup>a</sup>	0,0029%	6,46	58,43
Guiúzcoa	9,92	5,97	0,031%	0,018%	2.826,38	1.171,27	5,51	1,84	0,017%	0,005%	1.651,68	318,01	1,11 <sup>a</sup>	0,43	0,0039% <sup>a</sup>	0,0013%	169,00 <sup>a</sup>	73,10
Huelva	1,60 <sup>a</sup>	16,02	0,010% <sup>a</sup>	0,084%	1.853,27	2.933,97	14,09	4,93	0,073%	0,029%	4.329,44	931,24	0,44	0,09	0,0024%	0,0006%	218,38	3,02
Huesca	1,24	31,43	0,004%	0,114%	1.868,50	2.803,17	3,64	21,96	0,018%	0,079%	1.587,08	2.011,63	0,31 <sup>a</sup>	1,18	0,0012% <sup>a</sup>	0,0042%	45,06	101,66
Islas Baleares	6,79	10,37	0,026%	0,039%	1.294,21	2.323,36	9,26	6,36	0,035%	0,024%	1.658,03	1.558,50	0,01	0,04 <sup>a</sup>	0,0000%	0,0003% <sup>a</sup>	14,74	52,11

CAPÍTULO IV. AHORROS DE COSTES PROVINCIALES EN LOS ACCIDENTES VIALES EN ESPAÑA

Jaén	3,36	6,18	0,018%	0,039%	1.717,70	976,22	4,17	6,32	0,024%	0,038%	1.742,55	1.109,20	0,40 <sup>a</sup>	0,23	0,0027% <sup>a</sup>	0,0013%	27,88 <sup>a</sup>	11,25
La Rioja	2,46 <sup>a</sup>	17,90	0,011% <sup>a</sup>	0,067%	1.486,73	2.890,12	7,51	4,80	0,028%	0,018%	2.046,98	752,09	0,09	0,34	0,0003%	0,0013%	109,77	44,19
Las Palmas	7,89	7,34	0,039%	0,035%	1.481,83	847,01	4,56	2,59	0,022%	0,012%	815,43	257,94	0,02 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,0001% <sup>a</sup>	0,0000%	15,28	40,01 <sup>a</sup>
León	18,99	6,33	0,093%	0,030%	3.608,51	699,54	4,33	8,85	0,023%	0,041%	1.180,83	1.106,90	0,24	0,47	0,0010%	0,0023%	85,37	47,99
Lleida	10,76	21,14	0,036%	0,072%	2.802,09	2.086,63	6,17	9,35	0,021%	0,030%	1.529,65	832,68	0,67	1,06 <sup>a</sup>	0,0022%	0,0034% <sup>a</sup>	127,97	144,25 <sup>a</sup>
Lugo	34,34	15,36	0,192%	0,076%	5.994,88	1.880,39	16,82	17,74	0,104%	0,087%	3.207,29	2.190,24	0,23	1,18	0,0008%	0,0055%	94,84	146,32
Madrid	1,55	3,65	0,005%	0,011%	882,58	1.024,21	1,67	1,77	0,005%	0,005%	678,34	495,62	0,41 <sup>a</sup>	0,14	0,0013% <sup>a</sup>	0,0005%	74,98 <sup>a</sup>	37,23
Málaga	0,78	7,52	0,004%	0,041%	1.430,86	1.628,64	6,32	4,60	0,035%	0,026%	2.412,63	1.003,64	0,06	0,04	0,0002%	0,0001%	90,97	0,89 <sup>a</sup>
Murcia	3,89 <sup>a</sup>	12,10	0,020% <sup>a</sup>	0,058%	462,94	2.297,22	11,13	7,83	0,059%	0,038%	3.125,05	1.536,02	0,21 <sup>a</sup>	0,55	0,0010% <sup>a</sup>	0,0025%	26,50	102,99
Navarra	10,66	12,80	0,038%	0,040%	3.723,07	2.117,85	11,49	2,84	0,040%	0,009%	2.701,89	472,42	0,22	0,02 <sup>a</sup>	0,0007%	0,0001% <sup>a</sup>	78,64	2,65 <sup>a</sup>
Ourense	8,55	11,66	0,045%	0,059%	1.795,35	1.756,80	9,89	3,98	0,057%	0,020%	1.812,78	600,14	0,33	0,29	0,0014%	0,0013%	70,44	45,15
Palencia	10,31 <sup>a</sup>	26,35	0,057% <sup>a</sup>	0,107%	2.665,56 <sup>a</sup>	3.232,37	5,50	14,68	0,024%	0,055%	529,71 <sup>a</sup>	1.811,65	0,16	1,08	0,0009%	0,0042%	72,31 <sup>a</sup>	133,68
Pontevedra	14,38	10,62	0,081%	0,051%	3.775,76	1.966,98	23,21	5,01	0,126%	0,023%	5.395,46	956,06	0,35	0,50 <sup>a</sup>	0,0019%	0,0021% <sup>a</sup>	130,19	79,54 <sup>a</sup>
Salamanca	8,67	14,26	0,044%	0,071%	2.456,81	2.360,16	2,27 <sup>a</sup>	7,00	0,010% <sup>a</sup>	0,034%	22,87	1.153,29	0,54 <sup>a</sup>	0,52	0,0028% <sup>a</sup>	0,0026%	55,91 <sup>a</sup>	82,00
Segovia	15,56	13,75	0,056%	0,057%	1.845,22	1.184,61	9,37	14,65	0,038%	0,066%	1.106,67	1.280,25	0,07	0,93	0,0004%	0,0040%	29,72	80,28
Sevilla	6,23	6,09	0,034%	0,031%	3.391,54	1.535,14	3,73	4,05	0,021%	0,020%	2.093,09	1.028,52	0,27 <sup>a</sup>	0,04 <sup>a</sup>	0,0014% <sup>a</sup>	0,0002% <sup>a</sup>	8,16	27,31 <sup>a</sup>
Soria	24,35 <sup>a</sup>	34,05	0,110% <sup>a</sup>	0,141%	1.073,30 <sup>a</sup>	2.855,50	6,87	29,80	0,035%	0,123%	1.549,48	2.514,13	1,06	0,83	0,0045%	0,0035%	153,13	68,68
Santa Cruz de Tenerife	1,11 <sup>a</sup>	7,26	0,007% <sup>a</sup>	0,035%	249,21	422,72	1,36	4,63	0,008%	0,022%	431,20	118,26	0,04	0,57 <sup>a</sup>	0,0002%	0,0027% <sup>a</sup>	18,68	146,28 <sup>a</sup>
Tarragona	10,57	15,33	0,036%	0,054%	2.493,10	2.116,13	15,74	8,06	0,055%	0,028%	2.712,14	1.107,05	0,29	0,32 <sup>a</sup>	0,0010%	0,0010% <sup>a</sup>	79,47	50,48 <sup>a</sup>
Teruel	5,30 <sup>a</sup>	24,27	0,021% <sup>a</sup>	0,088%	298,80 <sup>a</sup>	3.314,21	9,74 <sup>a</sup>	11,85	0,041% <sup>a</sup>	0,044%	1.052,15 <sup>a</sup>	1.621,06	1,47 <sup>a</sup>	1,38	0,0059% <sup>a</sup>	0,0051%	169,12 <sup>a</sup>	186,41
Toledo	3,37 <sup>a</sup>	22,63	0,013% <sup>a</sup>	0,114%	786,02	2.552,51	5,97	11,44	0,032%	0,058%	1.381,03	1.298,75	0,12 <sup>a</sup>	0,25	0,0007% <sup>a</sup>	0,0015%	37,04	27,45
Valencia	6,05	5,80	0,027%	0,025%	2.011,16	1.123,05	4,73	4,31	0,021%	0,019%	1.525,49	831,35	0,10	0,23 <sup>a</sup>	0,0004%	0,0010% <sup>a</sup>	56,93	65,01 <sup>a</sup>
Valladolid	4,22	11,40	0,016%	0,046%	1.411,28	2.268,19	0,75	7,98	0,004%	0,031%	526,04	1.595,41	0,11 <sup>a</sup>	0,37	0,0004% <sup>a</sup>	0,0015%	9,97	80,05
Vizcaya	9,01	2,97	0,030%	0,010%	2.378,95	625,83	7,04	2,62	0,024%	0,009%	1.876,80	553,06	0,30 <sup>a</sup>	0,65	0,0013% <sup>a</sup>	0,0021%	17,44 <sup>a</sup>	125,78
Zamora	2,42	19,67	0,004%	0,098%	1.056,26	1.897,58	9,18	15,30	0,048%	0,080%	1.561,74	1.490,65	0,84	0,72	0,0048%	0,0037%	129,87	68,78
Zaragoza	13,13	8,86	0,051%	0,033%	3.198,19	1.899,54	10,21	4,69	0,038%	0,018%	2.426,63	1.012,84	0,26 <sup>a</sup>	0,28	0,0010% <sup>a</sup>	0,0010%	28,38 <sup>a</sup>	61,50
<b>España</b>	<b>5,99</b>	<b>8,89</b>	<b>0,025%</b>	<b>0,035%</b>	<b>2.027,05</b>	<b>1.597,69</b>	<b>5,61</b>	<b>5,81</b>	<b>0,024%</b>	<b>0,023%</b>	<b>1.654,15</b>	<b>1.045,58</b>	<b>0,02<sup>a</sup></b>	<b>0,07</b>	<b>0,0001%<sup>a</sup></b>	<b>0,0003%</b>	<b>44,43</b>	<b>1,73</b>

<sup>a</sup>No se produce ahorro de costes: el valor hace referencia a un incremento de costes por un n<sup>o</sup> de víctimas mayor al esperado.

La aplicación del enfoque empírico establecido en el apartado 1.4.2 permite alcanzar resultados más comparables por el tamaño de los grupos en comparación con el análisis de las 50 provincias españolas. Los resultados se diferencian por gravedad de la lesión, teniendo en cuenta el diferente impacto económico de cada uno de los tipos de víctimas (Tabla 4.2).

Los ahorros de costes en muertos por habitante y sobre el PIB en el grupo 2 crecieron un 221% y 210% respectivamente, lo que lleva a que, en 2006-2014, el ahorro anual sea de 19,65 €/habitante, representando un 0,0935% del PIB. Por el contrario, el grupo 5 experimentó una reducción del 42% de esos ahorros, lo que supuso 3,89 €/habitante (0,0123% del PIB) en 2006-2014. La relativización del ahorro de costes por MVKR evidencia desemejanzas importantes entre los grupos: mientras el grupo 4 ahorró anualmente 2.406,55 € por MVKR en 2006-2014, por lo que creció un 24%, los grupos 3 y 5 redujeron dicho ahorro en un 55%, cifrándolo en 1.622,41 € y 889,65 € por MVKR respectivamente en el segundo período.

El ahorro de costes en heridos graves presenta un patrón parecido al de muertos. El grupo 2 incrementó sus ahorros anuales por habitante y respecto al PIB un 896% y 1.265% respectivamente, situándose en 16,27 €/habitante y un 0,0779% del PIB en 2006-2014. Al igual que en el primer tipo de víctima, el grupo 5 de provincias redujo un 54% - 56% sus ahorros anuales de costes por habitante y respecto al PIB en 2006-2014, siendo en 2 €/habitante y un 0,0064% del PIB. El grupo 2 fue el único grupo que logró ahorros de costes superiores por MVKR (1.707,88 €/MVKR), con un crecimiento del 103%. El resto de los grupos registraron reducciones del indicador 3, situándose dicho ahorro entre 449,15 €/MVKR (grupo 5) y 1.239,52 €/MVKR (grupo 4) en 2006-2014.

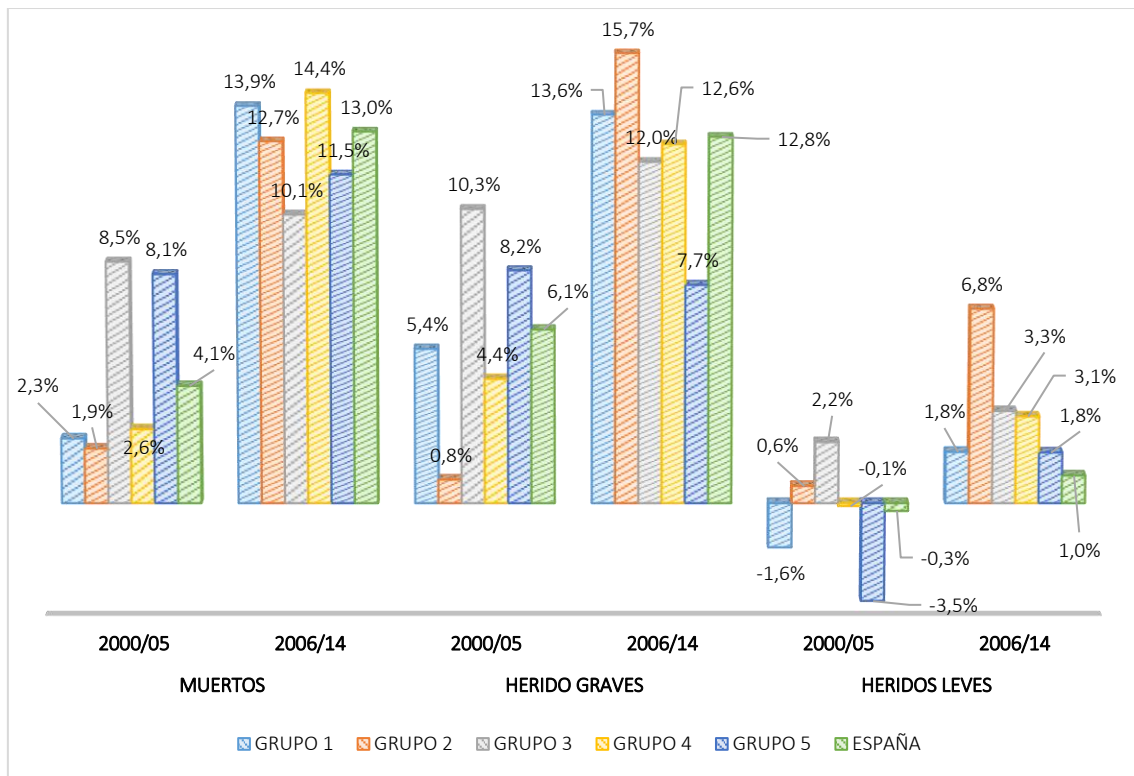
Finalmente, la evolución del ahorro de costes en heridos leves es muy dispar entre los estratos. Los grupos 1, 4 y 5 lograron mejoras evidentes en el segundo período: ahorraron anualmente 0,13 €, 0,31 € y 0,14 € por habitante respectivamente (0,0007%, 0,0012% y 0,0004% del PIB) frente al mayor coste anual de 0,13 €, 0,01 € y 0,32 € por habitante en el que incurrieron en el período previo. Finalmente, los resultados del indicador 3 revelan que el grupo 5 logró en 2006-2014 un ahorro anual de 11,34 €/MVKR, lo que supuso un resultado positivo respecto al mayor coste anual (27,65 €/MVKR) en el que incurrió en el período previo. Por el contrario, en el grupo 1 se produjo una reducción del 75% en el ahorro de costes por MVKR, lo que determinó un ahorro anual de 10,21 €/MVKR en 2006-2014.

Tabla 4.2. Indicadores de ahorro de costes de las provincias estratificadas

INDICADOR 1. AHORRO DE COSTES POR HABITANTE						
	MUERTOS		HERIDOS GRAVES		HERIDOS LEVES	
	2000-2005	2006-2014	2000-2005	2006-2014	2000-2005	2006-2014
Grupo 1	3,55	10,23	5,63	6,92	0,13 <sup>a</sup>	0,13
	(7,78)	(5,13)	(4,00)	(3,53)	(0,26)	(0,29)
Grupo 2	6,11	19,65	1,63	16,27	0,09	0,71
	(12,66)	(9,82)	(8,69)	(8,89)	(0,57)	(0,33)
Grupo 3	16,20	10,31	13,09	7,94	0,28	0,30
	(10,50)	(4,20)	(5,94)	(5,96)	(0,30)	(0,54)
Grupo 4	7,02	17,51	6,56	9,17	0,01 <sup>a</sup>	0,31
	(8,80)	(6,64)	(6,65)	(5,08)	(0,58)	(0,78)
Grupo 5	6,60	3,89	4,41	2,00	0,32 <sup>a</sup>	0,14
	(3,78)	(1,43)	(2,35)	(0,41)	(0,67)	(0,57)
<b>ESPAÑA</b>	<b>5,99</b>	<b>8,89</b>	<b>5,61</b>	<b>5,81</b>	<b>0,02<sup>a</sup></b>	<b>0,07</b>
INDICADOR 2. AHORRO DE COSTES SOBRE PIB						
	MUERTOS		HERIDOS GRAVES		HERIDOS LEVES	
	2000-2005	2006-2014	2000-2005	2006-2014	2000-2005	2006-2014
Grupo 1	0,0224%	0,0530%	0,0318%	0,0370%	0,0009% <sup>a</sup>	0,0007%
	(0,0488%)	(0,0255%)	(0,0234%)	(0,0188%)	(0,0015%)	(0,0015%)
Grupo 2	0,0301%	0,0935%	0,0057%	0,0779%	0,0004%	0,0034%
	(0,0600%)	(0,0453%)	(0,0478%)	(0,0413%)	(0,0028%)	(0,0016%)
Grupo 3	0,0846%	0,0485%	0,0718%	0,0369%	0,0012%	0,0014%
	(0,0587%)	(0,0214%)	(0,0361%)	(0,0287%)	(0,0016%)	(0,0025%)
Grupo 4	0,0228%	0,0636%	0,0233%	0,0333%	0,0001% <sup>a</sup>	0,0012%
	(0,0342%)	(0,0258%)	(0,0235%)	(0,0191%)	(0,0022%)	(0,0027%)
Grupo 5	0,0215%	0,0123%	0,0145%	0,0064%	0,0012% <sup>a</sup>	0,0004%
	(0,0122%)	(0,0040%)	(0,0079%)	(0,0016%)	(0,0023%)	(0,0018%)
<b>ESPAÑA</b>	<b>0,0249%</b>	<b>0,0354%</b>	<b>0,0241%</b>	<b>0,0232%</b>	<b>0,0001%<sup>a</sup></b>	<b>0,0003%</b>
INDICADOR 3. AHORRO DE COSTES POR MILLÓN DE VEHÍCULOS-KILÓMETROS RECORRIDOS						
	MUERTOS		HERIDOS GRAVES		HERIDOS LEVES	
	2000-2005	2006-2014	2000-2005	2006-2014	2000-2005	2006-2014
Grupo 1	2.051,35	1.766,56	2.055,29	1.234,84	39,15	10,21
	(1.499,88)	(811,94)	(1.040,39)	(657,91)	(64,69)	(69,78)
Grupo 2	1.993,83	2.033,27	839,74	1.707,88	53,39	72,18
	(1.424,09)	(762,46)	(1.022,10)	(752,43)	(65,63)	(41,40)
Grupo 3	3.568,70	1.622,41	3.002,66	1.208,94	108,86	37,75
	(1.610,78)	(623,75)	(1.449,85)	(813,27)	(63,94)	(72,41)
Grupo 4	1.936,86	2.406,55	1.459,55	1.239,52	29,50	40,03
	(1.748,29)	(459,09)	(1.290,81)	(455,49)	(83,12)	(98,20)
Grupo 5	1.987,38	889,65	1.323,26	449,15	27,65 <sup>a</sup>	11,34
	(835,39)	(251,81)	(543,56)	(100,87)	(134,37)	(139,54)
<b>ESPAÑA</b>	<b>2.027,05</b>	<b>1.597,69</b>	<b>1.654,15</b>	<b>1.045,58</b>	<b>44,43</b>	<b>1,73</b>

<sup>a</sup> No se produce ahorro de costes: el valor expresa que se incurre en un incremento de costes por un nº de víctimas mayor al esperado. Se incluye la desviación estándar en cada grupo y período entre paréntesis.

Figura 4.1. Proporción que representa el ahorro medio anual de costes por habitante sobre el coste medio anual por habitante



Esta investigación evidencia que durante el período 2006-2014 los ahorros de costes por habitante y sobre el PIB originados por el número de víctimas evitadas en las provincias españolas fue, por lo general, superior al del 2000-2005 en la mayoría de los grupos, en consonancia con la literatura científica (Aparicio Izquierdo et al., 2011; Castillo-Manzano y Castro-Nuño, 2012; Novoa et al., 2010; Pulido et al., 2010). Este resultado positivo también puede constatarse con la relativización de dicho ahorro sobre el coste medio anual (Figuras 4.1 y 4.2). Por el contrario, el menor ahorro de costes por MVKR experimentado por los grupos 1, 3 y 5 en 2006-2014 respecto al primer período puede ser considerado un signo indicativo de una efectividad inferior a la deseada (Castillo-Manzano y Castro-Nuño, 2012; Castillo-Manzano et al., 2014), si bien es cierto que la metodología descriptiva no permite establecer causalidad ni relación. La figura 4.3 muestra reducciones del peso de dicho ahorro sobre el coste en algunos grupos y tipos de víctimas.

Figura 4.2. Proporción que representa el peso del ahorro medio anual sobre el PIB respecto al peso del coste medio anual sobre el PIB

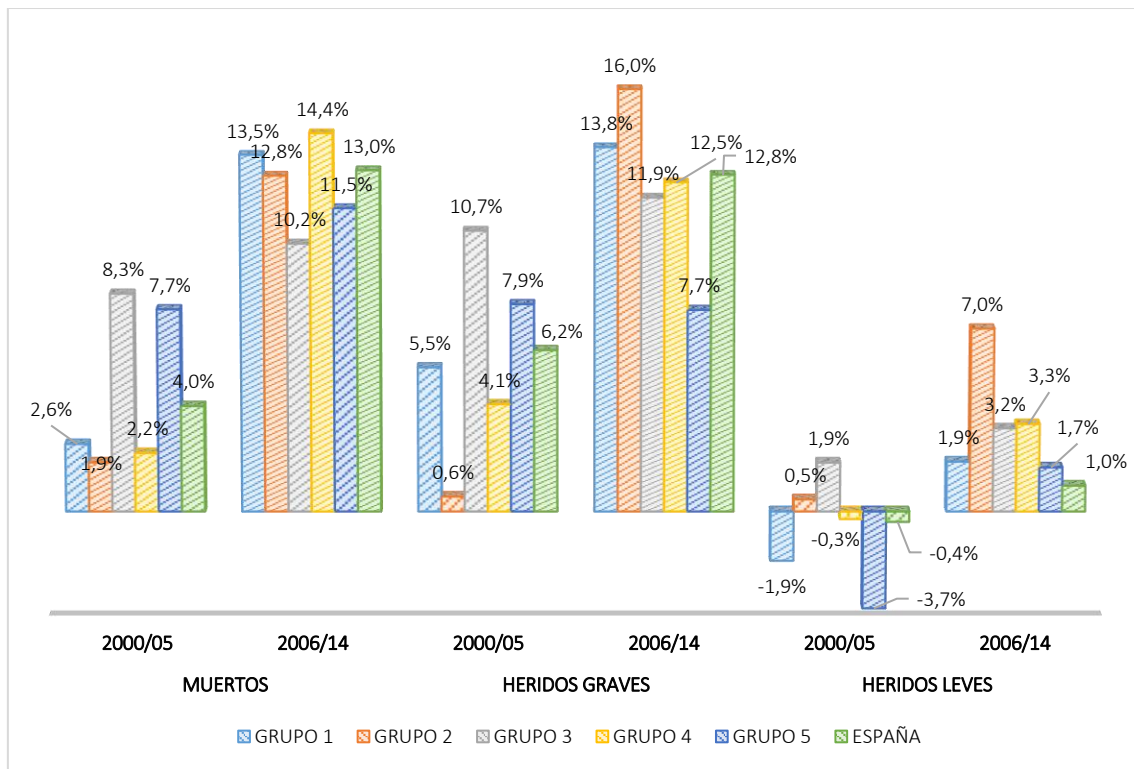
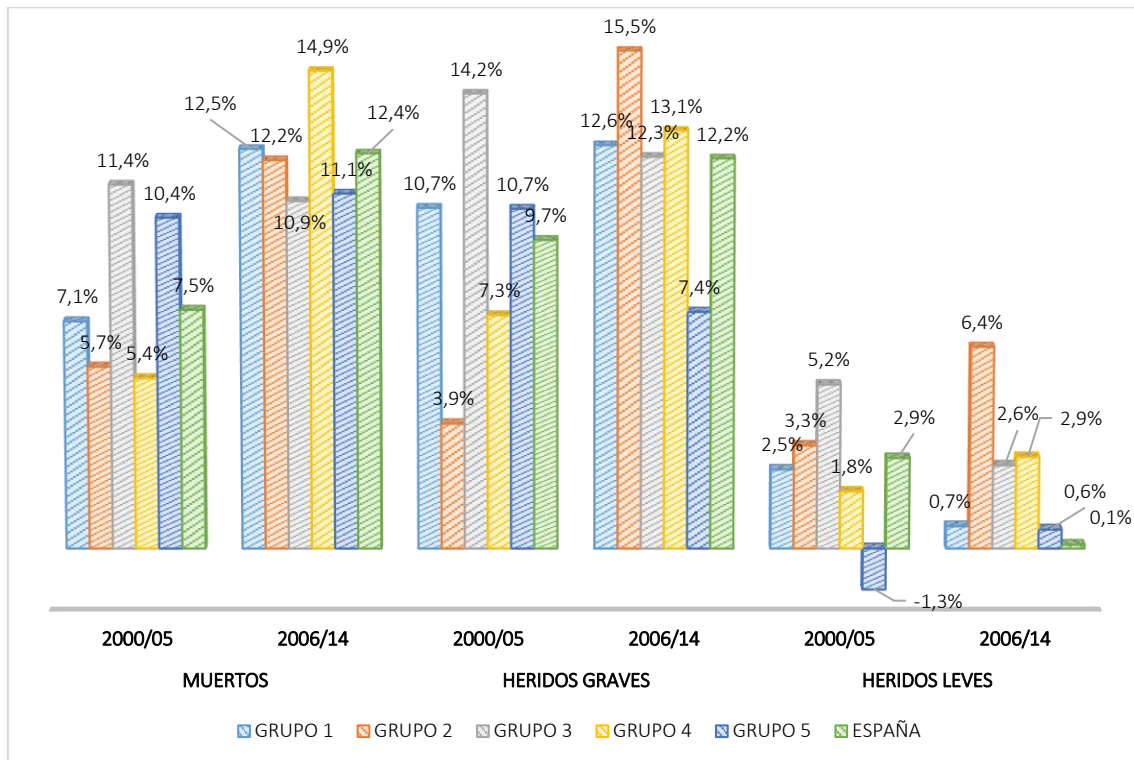


Figura 4.3. Proporción que representa el ahorro medio anual por MVKR sobre el coste medio anual por MVKR



La estratificación de las provincias españolas por un conjunto de variables asociadas a la siniestralidad vial dota al estudio de un enfoque innovador en el estudio de la siniestralidad vial en España, con escasa literatura científica que utilice las provincias como unidad territorial (Albalate et al., 2013; Rivas-Ruiz et al., 2007; Tolón-Becerra et al., 2013). La inclusión de variables confusoras en la estratificación tales como las condiciones económicas, la calidad de la infraestructura o la orografía permiten intuir, aunque no evidenciar, su relación con el ahorro de costes y su efecto caracterizador en cada provincia. Precisamente, diferencias provinciales en factores como las variables confusoras seleccionadas pueden explicar la disparidad de sus tasas de mortalidad o lesividad (Eksler et al., 2008).

Gran parte de las provincias de la mitad norte de España, exceptuando Madrid y Toledo, componen los grupos (2 y 4) que mejores resultados registran, un hallazgo similar a lo obtenido en alguna otra investigación (Tolón-Becerra et al., 2013). Posiblemente, estos resultados puedan producirse por un efecto similar de las características específicas de estas provincias en su riesgo de mortalidad y lesividad (Sánchez et al., 2018b). Además, se debe poner en evidencia el gran logro de estas provincias considerando que su riesgo de mortalidad estimado a mitad del primer período es mayor al resto de provincias (Eksler et al., 2008). Las variables de control seleccionadas informan de las principales características de estos dos grupos como conjuntos: ambos presentan un nivel medio de renta per cápita y tasa de paro, un gran nivel de altura y bajo volumen de precipitaciones, baja densidad de población y alta tasa de motorización, menor proporción de vías de alta capacidad y menor volumen de inversión por kilómetro de vía.

Considerando el efecto de estos determinantes sobre los riesgos definidos en las investigaciones expuestas de los capítulos II y III, destaca el hecho de que las provincias con mejores resultados son las que tienen menores niveles en determinantes importantes como la densidad de población o la proporción de vías de alta capacidad, entre otras. Ello induce a pensar que para este problema de salud pública puede cumplirse lo que Rose (1985) establece en su investigación: los factores determinantes de un problema de salud no tienen que ser los mismos que los que inciden en la frecuencia de ocurrencia de un problema de salud. Por ello, probablemente sea necesario investigar a fondo los determinantes del ahorro de víctimas en vías interurbanas y, por tanto, el ahorro de costes de las provincias españolas.

Conviene destacar que la metodología escogida para cuantificar el ahorro de costes es utilizada por muy pocos estudios (García-Altés et al., 2013). Así, se considera que al redefinir el cálculo de víctima evitada el estudio consigue un carácter más conservador, sólido y realista, con resultados mucho más prudentes al tener en cuenta el nivel de accidentalidad de cada provincia en el año precedente, es decir, al considerar con ello las medidas, acciones y mejoras que han

podido realizarse en cada provincia española. Aunque esta metodología define al estudio como un trabajo descriptivo, los resultados obtenidos nos sirven de base para futuras investigaciones en siniestralidad vial.

La utilización en este estudio de valoraciones oficiales de víctimas basadas en la metodología de “disposición a pagar” conduce a estimaciones de ahorros de costes más aproximadas a la realidad que las basadas en enfoques como el de indemnizaciones o capital humano. Los resultados obtenidos adquieren, por ello, gran relevancia no sólo para los decisores políticos sino para la comunidad científica. Gran parte de los países europeos utilizan el enfoque de disposición a pagar en sus valoraciones, lo que puede contribuir en futuras investigaciones a elaborar estudios comparativos del ahorro de costes por las víctimas evitadas por cualquier política, en base al análisis coste-beneficio usado para valorar las actuaciones en seguridad vial (Caliendo y De Guglielmo, 2012; Stojanová y Blašková, 2018). Por ello, es necesaria una armonización internacional en las valoraciones económicas de las víctimas de accidentes de tráfico (Wijnen y Stipdonk, 2016; Wijnen et al., 2019).

### 4.3. Conclusiones

Los hallazgos de esta investigación no sólo contribuyen a la literatura científica, sino que se convierten en un punto de partida de dos de nuestras futuras líneas de investigación. Por un lado, averiguar qué efecto tiene la variación anual de las variables de control seleccionadas en el ahorro de costes tanto en conjunto como en los grupos delimitados y, por otro lado, tratar de realizar un análisis coste-beneficio de la implementación del permiso de conducción por puntos en cada uno de los grupos. Con ellas, podremos contribuir a un mayor conocimiento de la siniestralidad vial en España, cuya aplicación podrá mejorar los niveles de accidentalidad tanto en vías urbanas como interurbanas.

La investigación no está exenta de ciertas limitaciones. En primer lugar, la metodología aplicada no permite establecer asociaciones de causalidad entre las características de las variables y los indicadores definidos. En segundo lugar, los estudios financiados por la DGT aconsejan la revisión de las cifras de coste utilizadas con una periodicidad decenal, principalmente por el carácter cambiante de las expectativas y preferencias de los ciudadanos. La inexistencia de esa revisión obligó a usar las cifras disponibles, asumiendo una infravaloración de los resultados al ser cada vez mayor la demanda de seguridad vial, lo que se traduce en una mayor valoración del coste de las víctimas de siniestros viales. Al utilizarlas, se presupone que las

preferencias de los ciudadanos no han cambiado. En tercer lugar, la falta de control de variables confusoras, con un posible efecto en los indicadores establecidos, puede conducir a resultados con cierto grado de inexactitud. Finalmente, se puede ocasionar la denominada falacia ecológica infiriendo conclusiones para cualquiera de las provincias a partir de los resultados del grupo al que pertenece.

Estas limitaciones deben servir para comprender la complejidad de la siniestralidad vial como problema de salud pública. Complejidad causada no sólo por los factores principales (vehículo, infraestructura y factor humano), sino también por un entramado de factores como el nivel de desarrollo económico, la proximidad geográfica de los núcleos urbanos, el desarrollo del transporte público o las diferencias sociales en la conducción, entre otros muchos. La existencia de estas limitaciones no impide poder afirmar que la implantación del permiso de conducción por puntos ha supuesto una gran herramienta en la lucha de las provincias españolas para mejorar la salud pública.



# CAPÍTULO V. LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

---



La presente Tesis Doctoral constituye en su conjunto una completa visión de los accidentes de tráfico en las vías interurbanas de España y Chile. Con los hallazgos obtenidos en las investigaciones que sustentan este documento de investigación se puede afirmar que ambos países han trabajado para reducir el número de muertes y lesiones. Sin embargo, mientras se produzcan choques, accidentes y víctimas, los accidentes de tráfico seguirán siendo una asignatura pendiente en todo el mundo.

Esta consideración de asignatura pendiente es precisamente la que marca la necesidad de seguir avanzando en el camino de la investigación, tratando de generar conocimiento que pueda ser empleado tanto por otros investigadores como por los decisores políticos encargados de gestionar la política de seguridad vial de las naciones o regiones. Por ello, en la actualidad se está trabajando en diversas líneas de investigación vinculadas con la seguridad vial en España, que son un complemento a las investigaciones realizadas y que avalan los resultados expuestos en esta Tesis Doctoral.

La primera línea de trabajo pretende mejorar el conocimiento vinculado a algunas de las investigaciones expuestas en este documento. La disparidad encontrada en el efecto de los determinantes sobre los riesgos de fallecer o sufrir lesiones en las provincias españolas dependiendo de su nivel de desarrollo económico y los desiguales beneficios económicos registrados por las provincias españolas tras el permiso de conducción por puntos son el impulso hacia la búsqueda de mejora del entendimiento de la siniestralidad vial provincial en España.

El diseño de esta nueva línea de investigación está fundamentado en el conjunto de la base de datos construida, ampliada con información hasta 2017, y los indicadores de ahorro definidos en la presente investigación. Con esta información, se busca averiguar cómo afectan los determinantes del riesgo de mortalidad y lesividad seleccionados en la probabilidad de que las provincias españolas consigan ahorrar costes por el número de víctimas evitadas en accidentes de tráfico en vías interurbanas. Para lograr este objetivo, se está trabajando actualmente en la redefinición de las variables determinantes y dependientes para conseguir con el empleo de modelos logit estimar y obtener hallazgos relevantes no sólo para la comunidad científica, sino también para servir en la configuración del diseño de la política vial.

Las distribuciones geográficas obtenidas en los diferentes estudios constatan la necesidad de seguir investigando para averiguar qué características son las que modelan el diferente riesgo de mortalidad o lesividad al que se enfrentan cada una de las provincias españolas. Las diferencias en los desplazamiento que acogen ya sea por ser centros de atracción turística, por poseer vías con diseños más complicados por la orografía o presentar estructuras

demográficas diferentes, con índices de envejecimiento desiguales son factores de riesgo que no han sido hasta ahora tenidos en cuenta en nuestras investigaciones y que pueden ayudar a mejorar el conocimiento científico sobre los factores determinantes de los accidentes de tráfico y sobre la disparidad de riesgo de mortalidad y lesividad a la que se enfrentan las provincias españolas.

En base a todo ello, una de las investigaciones en curso persigue lograr una mayor precisión de las distribuciones geográficas incorporando a las bases de datos variables que expresan el diferente nivel de envejecimiento al que se enfrentan las provincias o la presión turística sobre cada una de ellas, entre otras. La incorporación de estas y otras variables a la base de datos permite una identificación más aproximada del problema de la siniestralidad vial en España. Los resultados preliminares de este estudio confirman la asociación positiva del factor turismo y el factor envejecimiento sobre la siniestralidad vial en las vías interurbanas en España.

La presente investigación y las investigaciones en curso confirman que la seguridad vial se ha convertido en uno de los objetivos principales de la agenda política de los países. Prueba de ello son los Planes de Seguridad Vial que España ha puesto en marcha en su afán de erradicar los accidentes de tráfico. La evolución de la sociedad ha provocado cambios en los patrones de desplazamiento, originando que peatones, ciclistas y motoristas, denominados usuarios vulnerables, representen una mayor proporción de las víctimas por accidentes de tráfico respecto a la década pasada. Por ello, ambos planes, 2005-2008 y 2011-2020, definen entre sus líneas estratégicas medidas dirigidas o encaminadas a evitar que los accidentes de tráfico se cobren la vida de aquellos usuarios más vulnerables.

La preocupación cada día mayor de la accidentalidad de los usuarios vulnerables es la que fundamenta la razón de ser de la tercera línea de investigación en curso: tratar de valorar y examinar qué diferencias existen en los beneficios económicos registrados (en términos de ahorro de costes por el número de víctimas evitadas) respecto a los usuarios vulnerables durante la aplicación de ambos planes de seguridad vial. Las valoraciones previas realizadas exponen que probablemente sea necesario un profundo examen del plan de seguridad vial vigente, durante el cual los beneficios económicos alcanzados en los diversos tipos de usuarios vulnerables han sido, tanto en vías interurbanas como urbanas, inferiores a los logrados durante el primer plan de seguridad vial.

Finalmente, entre las líneas estratégicas del citado Plan de Seguridad Vial 2011-2020, se encuentran las ciudades. El desarrollo científico vinculado a las vías interurbanas es muy superior a los estudios de la accidentalidad en el ámbito urbano. La comunidad científica debe enfocar su

preocupación hacia el análisis de los siniestros viales en las ciudades, si bien supone una tarea más complicada por la falta de información.

El estudio de la accidentalidad de las vías urbanas constituye nuestro cuarto pilar de investigación futura, con el propósito de trabajar conjuntamente con las fuerzas de seguridad e instituciones públicas para conseguir conocimiento sobre ello, focalizando nuestra investigación específicamente en aquellos usuarios que la literatura denomina vulnerables.



## CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES

---



La investigación llevada a cabo en la presente Tesis Doctoral supone una fuente de conocimiento para la literatura científica vinculada, por un lado, con los factores determinantes del riesgo de fallecer o sufrir lesiones por accidentes de tráfico y, por otro lado, con el empleo del análisis coste-beneficio de las políticas públicas. De acuerdo con los objetivos definidos al comienzo de la investigación y a la metodología empleada, la síntesis de los principales hallazgos logrados se expone en cuatro bloques en relación con los objetivos definidos.

**Objetivo I. Estimación del efecto de las características específicas provinciales sobre los riesgos de mortalidad y lesividad por accidentes de tráfico en las vías interurbanas en España.**

El trabajo realizado define, por un lado, la relación de diversos factores determinantes con los riesgos de mortalidad y lesividad en España y, por otro lado, patrones geográficos de los riesgos de mortalidad y lesividad provinciales.

En primer lugar, el trabajo evidencia una efectividad relativa del permiso de conducción por puntos para mejorar la seguridad vial en España: la gran capacidad para reducir el riesgo de mortalidad y lesividad grave se ve limitada por su efecto positivo sobre el riesgo de lesividad leve. Este hallazgo puede ser indicativo de que su capacidad puede ser más reducir la gravedad de las víctimas que el número de víctimas en sí.

En segundo lugar, la seguridad vial en España se ve favorecida por el nivel de desarrollo de las provincias expresado a través del índice de motorización. Este factor es indicativo del nivel de desarrollo del sistema de transporte, de los vehículos o las actitudes sociales ante la seguridad vial. Por ello, es necesario que la sociedad demande constantemente mejoras de calidad en la infraestructura y en los vehículos.

En tercer lugar, la infraestructura vial se erige como un factor esencial para la seguridad vial en España. Por un lado, la investigación confirma lo necesario que es para las provincias disponer de infraestructura de calidad. Por otro lado, si bien resulta imprescindible para las provincias el esfuerzo inversor del Estado en mantener las vías en las mejores condiciones, la construcción de nuevas vías tiene un efecto contrario al deseado originado por una mayor demanda de la infraestructura, mayores velocidades y asunción superior de riesgos por su mayor calidad.

Por último, el trabajo vinculado al primer objetivo confirma la necesidad de considerar las condiciones específicas de las provincias españolas para configurar la política de seguridad vial. Las distribuciones geográficas de los riesgos de mortalidad y lesividad advierten del efecto de las características propias de Madrid, Islas Baleares, Islas Canarias y toda la costa del

Mediterráneo. Esta aportación, novedosa para la literatura científica, debe erigirse como una herramienta esencial que debe ser empleada por los decisores políticos para mejorar la seguridad vial de las provincias españolas.

**Objetivo II. Estimación del efecto de las condiciones propias regionales sobre los riesgos de mortalidad y lesividad por accidentes de tráfico en las vías rurales en Chile.**

La investigación ejecutada ha permitido conocer cómo afectan diversos factores explicativos sobre los riesgos de mortalidad y lesividad y cuantificar dichos riesgos para cada una de las regiones de Chile que se producen por la influencia de sus características.

Las estimaciones obtenidas con el presente trabajo confirman los beneficios para reducir los riesgos de mortalidad que ha tenido la modificación de la Ley de Tránsito, por lo que resulta imprescindible que las autoridades chilenas sigan trabajando por la seguridad vial mediante legislación menos permisiva con los conductores.

Las condiciones sociales o sociodemográficas constituyen los factores con mayor repercusión en la tarea de reducir los riesgos de fallecer o sufrir lesiones en accidentes de tráfico. La tasa de motorización, lejos de suponer un factor de riesgo, advierte lo beneficioso que supone para las regiones chilenas disponer de desarrollo del sistema de transporte o mayor concienciación ante el volante. Además, el gran impacto positivo en los riesgos definidos que presenta la variación anual de la densidad de población revela que las regiones o áreas más densamente pobladas de Chile disfrutaban de mejores infraestructuras y una capacidad de respuesta sanitaria de emergencia ante los siniestros viales.

Las vías sin pavimentar, con tierra o ripio como asfalto, suponen actualmente un hándicap para Chile. Gran parte de su infraestructura vial son vías sin pavimentar, cuyas condiciones son peores para la conducción. Por tanto, es vital que las regiones chilenas continúen trabajando para mejorar la calidad de su infraestructura. Además, es importante un análisis específico de las inversiones en reposición y construcción en Chile, cuya efectividad es cuestionada por los resultados de esta investigación.

Los patrones geográficos de los riesgos de mortalidad y lesividad proporcionan información valiosa para la configuración de la política de seguridad vial, advirtiendo del riesgo superior de fallecer o sufrir lesiones de las regiones centrales de Chile. La investigación de qué condiciones específicas son las que originan que regiones como Metropolitana, Valparaíso o Maule adquieran un riesgo de mortalidad o lesividad mayor puede contribuir a conseguir una definición de la política de seguridad vial chilena en un futuro.

**Objetivo III. Asociación entre el nivel de desarrollo económico de las provincias españolas y los riesgos de fallecer o sufrir lesiones en accidentes de tráfico en las vías interurbanas.**

El trabajo de investigación elaborado para conseguir el tercer objetivo ofrece resultados relevantes tanto para la comunidad científica como para los decisores políticos españoles. La estimación de los factores determinantes de la siniestralidad vial para las provincias dependiendo de su nivel de desarrollo económico proporciona información con gran potencial para mejorar la seguridad vial de las provincias.

En primer lugar, la metodología empleada indica un efecto superior del permiso de conducción por puntos en las provincias españolas más desarrolladas para reducir el riesgo de mortalidad, lo que significa una efectividad mayor para estas tras su implantación. Este hallazgo, además de suponer una contribución novedosa para la comunidad científica, establece un punto de partida para continuar en el camino de la investigación.

En segundo lugar, el nivel de desarrollo económico se erige como un factor determinante para las provincias más desarrolladas. Además, las estimaciones muestran que las condiciones económicas tienen un mayor efecto en ese grupo de provincias, por lo que de manera indirecta la menor exposición en condiciones económicas desfavorables afecta en mayor medida a las provincias con mayor desarrollo económico.

En tercer lugar, la variable predictora más importante para las provincias con menor desarrollo económico es la calidad de la infraestructura expresada a través de la proporción de vías de alta capacidad. Este resultado debe servir para los decisores políticos en la tarea de distribuir los recursos destinados a la seguridad vial. Además, los hallazgos obtenidos para este grupo de provincias permiten cuestionar la efectividad de las inversiones en construcción de nuevas vías. Este resultado precisa de un estudio más pormenorizado que determine la asociación entre la construcción de nuevas vías y el crecimiento de la proporción de vías de alta capacidad.

Por último, la definición de la investigación vinculada al tercer objetivo permite conseguir distribuciones geográficas de los riesgos de mortalidad y lesividad mucho más precisos, con una menor heterogeneidad, lo que permite una mejor identificación de las provincias con mayor riesgo. Las características de Madrid, Islas Baleares y Cataluña siguen generando un riesgo superior para ellas. Los patrones geográficos de las provincias de menor nivel de desarrollo económico revelan que las provincias del sur de España, las limítrofes con Madrid y las gallegas ostentan condiciones o características que las llevan a tener riesgos de mortalidad y lesividad superiores.

**Objetivo IV. Valoración del ahorro de costes provinciales por accidentes de tráfico en España.**

Los resultados novedosos alcanzados con la metodología empleada para alcanzar el tercer objetivo han sido el fundamento para el análisis coste-beneficio aplicado vinculado al presente objetivo. El diferente efecto del permiso de conducción por puntos en las provincias dependiendo del nivel de desarrollo económico promueve la necesidad investigadora de examinar si se han conseguido beneficios económicos superiores tras la implantación del permiso de conducción por puntos.

La estratificación de las provincias españolas en función del nivel de los principales determinantes de los siniestros viales no solo representa una gran contribución para la comunidad científica, sino que concede agrupaciones de provincias con cierto parecido y con homogeneidad en el nivel de sus factores determinantes, lo que también adquiere un carácter de novedoso para la literatura científica respecto a la siniestralidad vial en España.

Los resultados encontrados en la presente investigación revelan contradicciones importantes que deben ser consideradas por la comunidad científica con cautela. El ahorro de costes por habitante y respecto al PIB permite constatar que, tras la implantación del permiso de conducción por puntos, los beneficios económicos por el número de víctimas evitadas han sido superiores al período previo en todos los grupos de provincias. Sin embargo, el ahorro de costes por millón de vehículos-kilómetros recorridos proporciona resultados totalmente contrarios a lo esperado. En casi todos los grupos de provincias los beneficios económicos por nivel de tráfico tras la implantación del permiso de conducción por puntos son inferiores a los registrados en el período previo, lo que supone un hallazgo con relevancia para los decisores políticos.

Así, el estudio revela que las provincias españolas que mejores resultados obtienen respecto al período previo son aquellas cuyo nivel de factores, con asociación negativa respecto a la siniestralidad vial, se sitúa en un nivel medio o bajo. Este hallazgo confirma que los determinantes de un problema de salud pública como son los accidentes de tráfico no tienen por qué ser similares a los determinantes que inciden en su frecuencia de ocurrencia.

La síntesis de las principales conclusiones expuesta obliga a todos los agentes de la sociedad a trabajar de manera interrelacionada para lograr erradicar las muertes y lesiones por accidentes de tráfico, es decir, es necesario un trabajo interrelacionado desde diferentes ámbitos de la autoridad y con la participación de los diferentes agentes en la mejora de la seguridad vial.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---



- Abdel-Aty, M. A., & Radwan, A. E. (2000). Modeling traffic accident occurrence and involvement. *Accident Analysis and Prevention*, 32(5), 633-642. doi:10.1016/S0001-4575(99)00094-9
- Abellán, J. M., Martínez, J. E., Méndez, I., Pinto, J. L., & Sánchez, M. F. (2011a). *El valor monetario de una vida estadística en España*. Madrid.
- Abellán, J. M., Martínez, J. E., Méndez, I., Sánchez, F. I., Pinto, J. L., & Robles, J. A. (2011b). *El valor monetario de una víctima no mortal y del año de vida ajustado por la calidad en España*. Madrid.
- Ackaah, W., Aidoo, E., & Adams, C. (2018). SM 02-2008 Factors influencing road traffic crashes on unpaved roads. *Injury Prevention*, 24, A263. doi:10.1136/injury-prevention-2018-safety.728
- Albalade, D. (2008). Lowering blood alcohol content levels to save lives: The European Experience. *Journal of Policy Analysis and Management*, 27(1), 20-39. doi:10.1002/pam.20305
- Albalade, D., & Bel, G. (2012). Motorways, tolls and road safety: evidence from Europe. *SERIEs*, 3(4), 457- 473. doi:10.1007/s13209-011-0071-6
- Albalade, D., Fernández, L., & Yarygina, A. (2013). The road against fatalities: Infrastructure spending vs. regulation?? *Accident Analysis and Prevention*, 59, 227-239. doi:10.1016/j.aap.2013.06.008
- Alfaro, J. L., Chapuis, M., & Fabre, F. (1994). *Socio-economic cost of road accidents: final report of action COST 313*. Brussels: Comission of European Community.
- Anastasopoulos, P. C., & Mannering, F. L. (2009). A note on modeling vehicle accident frequencies with random-parameters count models. *Accident Analysis and Prevention*, 41, 153-159. doi:10.1016/j.aap.2008.10.005
- Anastasopoulos, P., Mannering, F., Shankar, V., & Haddock, J. (2012a). A study of factors affecting highway accident rates using the random-parameters tobit model. *Accident Analysis and Prevention*, 45, 628-633. doi:10.1016/j.aap.2011.09.015
- Anastasopoulos, P., Shankar, V., Haddock, J., & Mannering, F. (2012b). A multivariate tobit analysis of highway accident-injury-severity rates. *Accident Analysis and Prevention*, 45, 110-119. doi:10.1016/j.aap.2011.11.006
- Antoniou, C., Yannis, G., Papadimitriou, E., & Lasarre, S. (2015). Improving fatalities forecasting in times of recession in Europe. In ITF/IRTAD, *Why Does Road Safety Improve When Economic Times are Hard?* (pp. 143-168). Paris.
- Antoniou, C., Yannis, G., Papadimitriou, E., & Lassarre, S. (2016). Relating traffic fatalities to GDP in Europe on the long term. *Accident Analysis and Prevention*, 92, 89-96. doi:10.1016/j.aap.2016.03.025
- Aparicio Izquierdo, F., Arenas Ramírez, B., & Bernardos Rodríguez, E. (2013). The interurban DRAG-Spain model: The main factors of influence on road accidents in Spain. *Research in Transportation Economics*, 37(1), 57-65. doi:10.1016/j.retrec.2011.08.011

- Aparicio Izquierdo, F., Arenas Ramírez, B., Mira McWilliams, J. M., & Páez Ayuso, J. (2011). The endurance of the effects of the penalty point system in Spain three years after. Main influencing factors. *Accident Analysis and Prevention*, 43(3), 911-922. doi:10.1016/j.aap.2010.11.014
- Beck, N., & Katz, J. (1995). What to do (and not to do) with Time-Series Cross-Section Data. *American Political Science Review*, 89(3), 634-647.
- Benedettini, S., & Nicita, A. (2009). *Deterrence, Incapacitation and Enforcement Design. Evidence from Traffic Enforcement in Italy*. Quaderni del Dipartimento di Economia Politica, Università Degli Studi di Siena , Italy.
- Bergel Hayat, R., Christoforou, Z., & Ferrière, S. (2015). The impact of the economic crisis on road mortality: an explanatory approach for some countries in Europe. In ITF/IRTAD, *Why Does Road Safety Improve When Economic Times are Hard?* (pp. 169-182). París.
- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (2016). *Regiones. Chile Nuestro País*. Obtenido de Biblioteca del Congreso Nacional de Chile: <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/regiones>
- Bishai, D., Quresh, A., James, P., & Ghaffar, A. (2006). National road casualties and economic development. *Health Economics*, 15, 65-81. doi:10.1002/hec.1020
- Blows, S., Ivers, R., Woodward, M., Connor, J., Ameratunga, S., & Norton, R. (2003). Vehicle year and the risk of car crash injury. *Injury Prevention*, 9(4), 353-356. doi:10.1136/ip.9.4.353
- Blum, U., & Gaudry, M. (2000). The SNUS - 2.5 model for Germany. In M. Gaudry, & S. Lassarre (Eds.), *Structural Road Accident Models: The International DRAG Family* (pp. 67-94). Nueva York: Pergamon.
- Bougueroua, M., & Carnis, L. (2016). Economic development, mobility and traffic accidents in Algeria. *Accident Analysis and Prevention*, 92, 168-174. doi:10.1016/j.aap.2016.03.016
- Braunerhjelm, P., Acs, Z. J., Audretsch, D. B., & Carlsson, B. (2010). The missing link: knowledge diffusion and entrepreneurship in endogenous growth. *Small Business Economics*, 34(2), 105-125. doi:10.1007/s11187-009-9235-1
- Cafiso, S., Di Graziano, A., Di Silvestro, G., La Cava, G., & Persaud, B. (2010). Development of comprehensive accident models for two-lane rural highways using exposure, geometry, consistency and context variables. *Accident Analysis and Prevention*, 42, 1072-1079. doi:10.1016/j.aap.2009.12.015
- Caliendo, C., & De Guglielmo, M. L. (2012). Accident Rates in Road Tunnels and Social Cost Evaluation. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 53, 166-177. doi:10.1016/j.sbspro.2012.09.870
- Campos, J. (2003). *Inversión en carreteras y accidentes de tráfico: una aproximación econométrica*. Santander: XXIX Reunión de Estudios Regionales.

- Castillo-Manzano, J. I., & Castro-Nuño, M. (2012). Driving licenses based on point systems: Efficient road safety strategy or latest fashion in global transport policy? A worldwide meta-analysis. *Transport Policy*, *21*, 191-201. doi:10.1016/j.tranpol.2012.02.003
- Castillo-Manzano, J. I., Castro-Nuño, M., & Fageda, X. (2014). Can health public expenditure reduce the tragic consequences of road traffic accidents? The EU-27 experience. *The European Journal of Health Economics*, *15*(6), 645-652. doi:10.1007/s10198-013-0512-1
- Castillo-Manzano, J. I., Castro-Nuño, M., & Fageda, X. (2015a). Are traffic violators criminals? Searching for answers in the experiences of European countries. *Transport Policy*, *38*, 86-94. doi:10.1016/j.tranpol.2014.12.003
- Castillo-Manzano, J. I., Castro-Nuño, M., & Fageda, X. (2015b). Can cars and trucks coexist peacefully on highways? Analyzing the effectiveness of road safety policies in Europe. *Accident Analysis and Prevention*, *77*, 120-126. doi:10.1016/j.aap.2015.01.010
- Castillo-Manzano, J. I., Castro-Nuño, M., & Fageda, X. (2016). Exploring the relationship between truck load capacity and traffic accidents in the European Union. *Transportation Research Part E*, *88*, 94-109. doi:10.1016/j.tre.2016.02.003
- Castillo-Manzano, J. I., Castro-Nuño, M., & Pedregal, D. J. (2010). An econometric analysis of effects of the penalty points system driver's license in Spain. *Accident Analysis and Prevention*, *42*(4), 1310-1319. doi:10.1016/j.aap.2010.02.009
- Charlton, S., & Starkey, N. (2013). Driving on familiar roads: Automaticity and inattention blindness. *Transportation Research Part F*, *19*, 121-133. doi:10.1016/j.trf.2013.03.008
- Colonna, P., Intini, P., Berloco, N., & Ranieri, V. (2016). The influence of memory on driving behavior: How route familiarity is related to speed choice. An on-road study. *Safety Science*, *82*, 456-468. doi:10.1016/j.ssci.2015.10.012
- Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito. (2017). *Política Nacional de Seguridad del Tránsito 2017*. doi:[https://www.conaset.cl/wp-content/uploads/2017/12/POL%C3%8DTICA-NACIONAL-DE-SEGURIDAD-DE-TR%C3%81NSITO-2017\\_versi%C3%B3n-web.pdf](https://www.conaset.cl/wp-content/uploads/2017/12/POL%C3%8DTICA-NACIONAL-DE-SEGURIDAD-DE-TR%C3%81NSITO-2017_versi%C3%B3n-web.pdf)
- Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito. (2018). *Estadísticas regionales*. Obtenido de <https://www.conaset.cl/programa/observatorio-datos-estadistica/biblioteca-observatorio/estadisticas-regionales/>
- Dadashova, B., Arenas-Ramírez, B., Mira-McWilliams, J., & Aparicio-Izquierdo, F. (2016). Methodological development for selection of significant predictors explaining fatal road accidents. *Accident Analysis and Prevention*, *90*, 82-94. doi:10.1016/j.aap.2016.02.003
- Dirección de Vialidad. (2018). *Red Vial Nacional. Dimensionamiento y características 2000-2017*. Santiago de Chile.
- Dirección General de Tráfico. (2003). *Plan Estratégico de Seguridad Vial 2005-2008*.
- Dirección General de Tráfico. (2011). *Cinco años del permiso por puntos*. Madrid: Dirección General de Tráfico.

- Dirección General de Tráfico. (2013). *Las principales cifras de siniestralidad. España 2012*. Madrid: Dirección General de Tráfico.
- Dirección General de Tráfico. (2016a). *Anuario Estadístico de Accidentes 1999-2015*. Madrid.
- Dirección General de Tráfico. (2016b). *Anuario Estadístico General 1999-2015*. Madrid.
- Eisenberg, D. (2003). Evaluating the effectiveness of policies related to drunk driving. *Journal of Policy Analysis and Management*, 22(2), 249-274. doi:10.1002/pam.10116
- Eisenberg, D. (2004). The mixed effects on precipitation on traffic crashes. *Accident Analysis and Prevention*, 36(4), 637-647. doi:10.1016/S0001-4575(03)00085-X
- Eksler, V., Lassarre, S., & Thomas, I. (2008). Regional analysis of road mortality in Europe. *Public Health*, 122(9), 826-837. doi:10.1016/j.puhe.2007.10.003
- Elvik, R. (1995). An analysis of official economic valuations of traffic accident fatalities in 20 motorized countries. *Accident Analysis and Prevention*, 27, 237-247. doi:10.1016/0001-4575(94)00060-Y
- Elvik, R. (2015). An analysis of the relationship between economic performance and the development of road safety. In ITF/IRTAD, *Why Does Road Safety Improve When Economic Times are Hard?* (pp. 43-142). París.
- Elvik, R. (2017). A synthesis of studies of access point density as a risk factor for road accidents. *Accident Analysis and Prevention*, 107, 1-10. doi:10.1016/j.aap.2017.07.006
- Escuela Nacional de Sanidad. (2009). *Método epidemiológico*. Madrid. Obtenido de [http://www.isciii.es/ISCIII/es/contenidos/fd-publicaciones-isciii/fd-documentos/2009-0843\\_Manual\\_epidemiologico\\_ultimo\\_23-01-10.pdf](http://www.isciii.es/ISCIII/es/contenidos/fd-publicaciones-isciii/fd-documentos/2009-0843_Manual_epidemiologico_ultimo_23-01-10.pdf)
- Eurostat, ITF, & UNECE. (2010). *Illustrated Glossary for Transport Statistics 4th Edition*. París: OECD Publishing. doi:10.1787/9789282102947-en
- Farchi, S., Molino, N., Giorgi Rossi, P., Borgia, P., Krzyzanowski, M., Dalbokova, D., . . . European Road Accident Indicator Working Group. (2006). Defining a common set of indicators to monitor road traffic accidents in the European Union. *BMC Public Health*, 6:183. doi:10.1186/1471-2458-6-183
- Fournier, F., & Simard, R. (2000). The DRAG-2 model for Quebec. In M. Gaudry, & S. Lassarre (Eds.), *Structural Road Accident Models: The International DRAG Family* (pp. 37-66). Nueva York: Pergamon.
- Fridstrøm, L. (2000). The TRULS-1 model for Norway. In M. Gaudry, & S. Lassarre (Eds.), *Structural Road Accident Models: The International DRAG Family* (pp. 97-126). Nueva York: Pergamon.
- Fridstrøm, L., & Ingebrigtsen, S. (1991). An aggregate accident model based on pooled, regional time-series data. *Accident Analysis and Prevention*, 23(5), 363-378.

- Fridstrøm, L., Ifver, J., Ingebrigtsen, S., Kulmala, R., & Thomsen, L. (1995). Measuring the contribution of randomness, exposure, weather, and daylight to the variation in road accident counts. *Accident Analysis and Prevention*, 27 (1), 1-20.
- García-Altés, A., & Pérez, K. (2007). The economic cost of road traffic crashes in an urban setting. *Injury Prevention*, 13(1), 65-68. doi:10.1136/ip.2006.012732
- García-Altés, A., & Puig-Junoy, J. (2011). What is the social cost of injured people in traffic collisions? An assessment for Catalonia. *The Journal of Trauma*, 70(3), 744-750. doi:10.1097/TA.0b013e3181eaaa5b
- García-Altés, A., Suelves, J. M., & Barbería, E. (2013). Cost savings associated with 10 years of road safety policies in Catalonia, Spain. *Bulletin of the World Health Organisation*, 91, 28-35. doi:10.2471/BLT.12.110072
- Gerdtham, U., & Ruhm, C. (2006). Death rises in good economics times: Evidence from the OECD. *Economics and Human Biology*, 4(3), 298-316. doi:10.1016/j.ehb.2006.04.001
- Gómez-Restrepo, C., Gómez-García, M., Naranjo, S., Rondón, M., & Acosta-Hernández, A. (2014). Alcohol consumption as an incremental factor in health care costs for traffic accident victims: Evidence in medium sized Colombian city. *Accident Analysis and Prevention*, 73, 269-273. doi:10.1016/j.aap.2014.09.023
- Grimm, M., & Treibich, C. (2013). Determinants of road traffic crash fatalities across Indian states. *Health Economics*, 22(8), 915-930. doi:10.1002/hec.2870
- Hakim, S., Shefer, D., Hakker, A. S., & Hocherman, I. (1991). A critical review of macro models for road accidents. *Accident Analysis and Prevention*, 23(5), 379-400.
- Hakkert, A., & Braimaister, L. (2002). *The uses of exposure and risk in road safety studies*. Leidschendam: SWOV Institute for Road Safety Research. Retrieved from <https://www.swov.nl/sites/default/files/publicaties/rapport/r-2002-12.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística. (2015a). *Índice de Precios al Consumo*. Obtenido de INEbase: [http://www.ine.es/dyngs/INEbase/en/operacion.htm?c=Estadistica\\_C&cid=1254736176802&menu=ultiDatos&idp=1254735976607](http://www.ine.es/dyngs/INEbase/en/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736176802&menu=ultiDatos&idp=1254735976607)
- Instituto Nacional de Estadística. (2015b). *Cifras oficiales de población de los municipios españoles: Revisión del Padrón Municipal*. Obtenido de INEbase: [http://www.ine.es/dyngs/INEbase/en/operacion.htm?c=Estadistica\\_C&cid=1254736177011&menu=resultados&idp=1254734710990](http://www.ine.es/dyngs/INEbase/en/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736177011&menu=resultados&idp=1254734710990)
- Instituto Nacional de Estadística. (2015c). *Encuesta de Población Activa*. Obtenido de INEbase: [http://www.ine.es/dyngs/INEbase/en/operacion.htm?c=Estadistica\\_C&cid=1254736176918&menu=ultiDatos&idp=1254735976595](http://www.ine.es/dyngs/INEbase/en/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736176918&menu=ultiDatos&idp=1254735976595)
- Instituto Nacional de Estadística. (2016). *Contabilidad regional de España. Base 2010. Serie homogénea 2000-2015*. Obtenido de INEbase:

- [http://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica\\_C&cid=1254736167628&menu=resultados&idp=1254735576581](http://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736167628&menu=resultados&idp=1254735576581)
- Instituto Nacional de Estadística. (2017). *Estadísticas del Medio Ambiente 2000-2017*. Obtenido de INE Instituto Nacional de Estadísticas: <https://www.ine.cl/estadisticas/medioambiente/informes-anales>
- Instituto Nacional de Estadística. (2018a). *Parque de vehículos en circulación 2000-2017*. Obtenido de [http://historico.ine.cl/canales/chile\\_estadistico/estadisticas\\_economicas/transporte\\_y\\_comunicaciones/parquevehiculos.php](http://historico.ine.cl/canales/chile_estadistico/estadisticas_economicas/transporte_y_comunicaciones/parquevehiculos.php)
- Instituto Nacional de Estadística. (2018b). *Encuesta Nacional de Empleo - ENE*. Obtenido de INE Instituto Nacional de Estadística: <https://www.ine.cl/estadisticas/laborales/ene>
- Instituto Nacional de Estadística. (2018c). *Índice de precios al consumidor - IPC*. Obtenido de <https://www.ine.cl/estad%C3%ADsticas/precios/ipc>
- Instituto Nacional de Estadística. (2018d). *Demográficas y vitales*. Obtenido de INE Instituto Nacional de Estadística: <https://www.ine.cl/estadisticas/demograficas-y-vitales>
- International Transport Forum. (2015). *Chapter 35. Spain. Road Safety Annual Report 2015*. OECD Publishing.
- Intini, P., Berloco, N., Colonna, P., Ranieri, V., & Ryeng, E. (2018). Exploring the relationships between drivers' familiarity and two-lane rural road accidents. A multi-level study. *Accident Analysis and Prevention, 111*, 280-296. doi:10.1016/j.aap.2017.11.013
- Jacobs, G., Aeron-Thomas, A., & Astrop, A. (2000). *Estimating global road fatalities*. Obtenido de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.174.5207&rep=rep1&type=pdf>
- Jaeger, L., & Lassarre, S. (2000). The TAG-1 model for France. In M. Gaudry, & S. Lassarre (Eds.), *Structural Road Accident Models: The International DRAG Family* (pp. 157-184). Nueva York: Pergamon.
- Jamroz, K. (2012). The impact of road network structure and mobility on the national traffic fatality rate. *Procedia-Social and Behavioral Sciences, 54*, pp. 1370-1377. doi:10.1016/j.sbspro.2012.09.851
- Kopits, E., & Cropper, M. (2005). Traffic fatalities and economic growth. *Accident Analysis and Prevention, 37*, 169-178. doi:10.1016/j.aap.2004.04.006
- Kweon, Y.-J. (2015). What affects annual changes in traffic safety? A macroscopic perspective in Virginia. *Journal of Safety Research, 53*, 17-21. doi:10.1016/j.jsr.2015.03.003
- La Torre, G., Van Beeck, E., Quaranta, G., Mannocci, A., & Ricciardi, W. (2007). Determinants of within-country variation in traffic accident mortality in Italy: a geographical analysis. *International Journal of Health Geographics, 6*:49. doi:10.1186/1476-072X-6-49

- Lamm, R., Choueiri, E. M., & Kloeckner, J. H. (1985). Accident in the U.S. and Europe: 1970-1980. *Accident Analysis and Prevention*, 17(6), 429-438.
- Law, T. H. (2015). Factors associated with the relationship between non-fatal road injuries and economic growth. *Transport Policy*, 42, 166-172. doi:10.1016/j.tranpol.2015.06.004
- Law, T. H., Noland, R. B., & Evans, A. W. (2009). Factors associated with the relationship between motorcycle deaths and economic growth. *Accident Analysis and Prevention*, 41, 234-240. doi:10.1016/j.aap.2008.11.005
- Law, T. H., Noland, R. B., & Evans, A. W. (2011). The sources of the Kuznets relationship between road fatalities and economic growth. *Journal of Transport Geography*, 19, 355-365. doi:10.1016/j.jtrangeo.2010.02.004
- Ley 17/2005, por la que se regula el permiso y la licencia de conducción por puntos y se modifica el texto articulado de la ley sobre tráfico, circulación de vehículos a motor y seguridad vial. Boletín Oficial del Estado, número 172, (20-7-2005). (s.f.).*
- Ley Orgánica 15/2007 de Reforma del Código Penal en materia de seguridad vial. Boletín Oficial del Estado, número 288, (01-12-2007). (s.f.).*
- Lladó, A., & Roig, R. (2007). El coste de los accidentes de tráfico en España en 2004. Una consideración especial de la accidentalidad entre los jóvenes. En *Jóvenes y conducción: un derecho y una responsabilidad* (págs. 59-82). Barcelona: Fundación RACC Automóvil Club.
- López Bastida, J., Serrano Aguilar, P., & Duque González, B. (2004). The economics cost of traffic accidents in Spain. *The Journal of Trauma, Injury, Infection and Critical Care*, 56(4), 883-889. doi:10.1097/01.TA.0000069207.43004.A5
- López Bastida, J., Serrano, P., Duque, B., & Artiles, J. (2001). Los costes socioeconómicos de los accidentes de tráfico en las Islas Canarias en 1997. *Gaceta Sanitaria*, 15(2), 414-422. doi:10.1016/S0213-9111(01)71595-6
- Ma, Z., Zhang, H., Chien, S. I.-J., Wang, J., & Dong, C. (2017). Predicting expressway crash frequency using a random effect negative binomial model: A case study in China. *Accident Analysis and Prevention*, 98, 214-222. doi:10.1016/j.aap.2016.10.012
- Martínez Pérez, J. E., Sánchez Martínez, F. I., Abellán Perpiñán, J. E., & Pinto Prades, J. L. (2015). La valoración monetaria de los costes humanos de la siniestralidad vial en España. *Gaceta Sanitaria*, 29, 76-78. doi:10.1016/j.gaceta.2015.02.001
- McCarthy, P. (2000). The TRACS-CA model for California. In M. Gaudry, & S. Lassarre (Eds.), *Structural Road Accident Models: The International DRAG Family* (pp. 185-204). Nueva York: Pergamon.
- Miller, T. R. (2000). Variations between Countries in Values of Statistical Life. *Journal of Transport Economics and Policy*, 34(2), 169-188.

- Ministerio de Agricultura y Medio Ambiente. (2017a). Capítulo 1. Territorio. En M. d. Ambiente, *Anuario Estadístico 1999-2015*.
- Ministerio de Agricultura y Medio Ambiente. (2017b). Capítulo 2. Climatología e hidrología. En M. d. Ambiente, *Anuario Estadístico 1999-2015*.
- Ministerio de Fomento. (2017). *Anuario Estadístico 1999-2015*. Madrid.
- Ministerio de Obras Públicas. (2018). *Inversión Histórica 2000-2017*. Santiago de Chile.
- Mishan, E. J. (1971). Evaluation of Life and Limb: A Theoretical Approach. *Journal of Political Economy*, 79, 687-705.
- Mohamed, H. A. (2015). Estimation of Socio-Economic Cost of Road Accidents in Saudi Arabia: Willingness-To-Pay Approach (WTP). *Advances in Management and Applied Economics*, 5, 43-61.
- Montoro González, L. (2008). Estrategias para la prevención de los accidentes de tráfico. En C. Vidales Rodríguez, & A. Mera Redondo, *Seguridad vial: (especial referencia a la reforma operada en el Código Penal mediante la Ley Orgánica 15/2007, de 30 de noviembre)* (págs. 15-26). Valencia: Tirant lo Blanch.
- Naumann, R. B., Dellinger, A. M., Zaloshnja, E., Lawrence, B. A., & Miller, T. R. (2010). Incidence and total lifetime costs of motor vehicle-related fatal and nonfatal injury by road user type, United States, 2005. *Traffic Injury Prevention*, 11(4), 353-360. doi:https://doi.org/10.1080/15389588.2010.486429
- Nazif-Muñoz, J. I., Quesnel-Vallée, A., & Van den Berg, A. (2014). Explaining Chile's Traffic Fatality and Injury Reduction for 2000-2012. *Traffic Injury Prevention*, 14, S56-S63. doi:10.1080/15389588.2014.939270.
- Nazif-Muñoz, J. I., Quesnel-Vallée, A., & Van den Berg, A. (2015). Did Chile's traffic law reform push police enforcement? Understanding Chile's traffic fatalities and injuries reduction. *Injury Prevention*, 21(3), 159-165. doi:10.1136/injuryprev-2014-041358
- Nguyen-Hoang, P., & Yeung, R. (2014). Dollars for lives: The effect of highway capital investments on traffic fatalities. *Journal of Safety Research*, 51, 109-115. doi:10.1016/j.jsr.2014.09.008
- Nistral-Nuño, B. (2017). Segmented regression analysis of interrupted time series data to assess outcomes of a South American road traffic alcohol policy change. *Public Health*, 150, 51-59. doi:10.1016/j.puhe.2017.04.025
- Noland, R. B. (2003). Traffic fatalities and injuries: the effect of changes in infrastructure and other trends. *Accident Analysis and Prevention*, 35, 599-611. doi:10.1016/S0001-4575(02)00040-4
- Noland, R. B., & Adediji, Y. (2018). Are estimates of crash modification factors mis-specified? *Accident Analysis and Prevention*, 118, 29-37. doi:10.1016/j.aap.2018.05.017

- Noland, R. B., & Quddus, M. A. (2004). A spatially disaggregate analysis of road casualties in England. *Accident Analysis and Prevention*, *36*, 973-984. doi:10.1016/j.aap.2003.11.001
- Noland, R. B., & Zhou, Y. (2017). Has the great recession and its aftermath reduced traffic fatalities? *Accident Analysis and Prevention*, *98*, 130-138. doi:10.1016/j.aap.2016.09.011
- Noland, R. B., Klein, N. J., & Tulach, N. K. (2013). Do lower income areas have more pedestrian casualties? *Accident Analysis and Prevention*, *59*, 337-345. doi:10.1016/j.aap.2013.06.009
- Novoa, A. M., Pérez, K., & Borrell, C. (2009). Efectividad de las intervenciones de seguridad vial basadas en la evidencia: una revisión de la literatura. *Gaceta Sanitaria*, *23*, 553.e1-553.e14. doi:10.1016/j.gaceta.2009.04.006
- Novoa, A. M., Pérez, K., Santamariña-Rubio, E., Marí-Dell'Olmo, M., Ferrando, J., Peiró, R., . . . Borrell, C. (2010). Impact of the Penalty Points System on Road Traffic Injuries in Spain: A Time-Series Study. *American Journal of Public Health*, *100*(11), 2220-2227. doi:10.2105/AJPH.2010.192104
- Orden del Ministerio de Relaciones con las Cortes y de la Secretaría del Gobierno de 18 de febrero de 1993, por la que se modifica la estadística de accidentes de circulación. Boletín Oficial del Estado, número 47, (24-2-1993).* (1993).
- Otero, S., & Rau, T. (2017). The effects of drinking and driving laws on car crashes, injuries, and deaths: Evidence from Chile. *Accident Analysis and Prevention*, *106*, 262-274. doi:10.1016/j.aap.2017.05.031
- Papadimitriou, E., Yannis, G., Bijleveld, F., & Cardoso, J. L. (2013). Exposure data and risk indicators for safety performance assessment in Europe. *Accident Analysis and Prevention*, *60*, 371-383. doi:10.1016/j.aap.2013.04.040
- Pei, X., Wong, S. C., & Sze, N. N. (2012). The roles of exposure and speed in road safety analysis. *Accident Analysis and Prevention*, *48*, 464-471. doi:10.1016/j.aap.2012.03.005
- Peltzman, S. (1975). The effects of automobile safety regulation. *Journal of Political Economy*, *83*(4), 677-725.
- Pereira, R. (2007). Aspectos socioeconómicos dos accidentes de tráfico en Galicia. *Revista Galega de Economía*, *16*, 157-176.
- Pérez López, C. (2008). *Econometría avanzada. Técnicas y herramientas*. Madrid: PEARSON PRENTICE HALL.
- Plasència, A., & Cirera, E. (2003). Accidentes de tráfico: un problema de salud a la espera de una respuesta sanitaria. *Medicina Clínica*, *120*(10), 378-379.
- Pulido, J., Lardelli, P., De la Fuente, L., Flores, V. M., Vallejo, F., & Regidor, E. (2010). Impact of the demerit point system on road traffic accident mortality in Spain. *Journal of Epidemiology and Community Health*, *64*, 274-276. doi:10.1136/jech.2008.082461

- Rangel, T., & Vasallo, J. M. (2015). Modeling the effect of contractual incentives on road safety performance. *Transport policy*, *40*, 17-23. doi:10.1016/j.tranpol.2015.02.009
- Rangel, T., Vassallo, J. M., & Herraiz, I. (2013). The influence of economic incentives linked to road safety indicators on accidents: The case of toll concessions in Spain. *Accident Analysis and Prevention*, *59*, 529-536. doi:10.1016/j.aap.2013.07.014
- Rivas-Ruiz, F., Perea-Milla, E., & Jiménez-Puente, A. (2007). Geographic variability of fatal road traffic injuries in Spain during the period 2002-2004: an ecological study. *BMC Public Health*, *7*:266. doi:10.1186/1471-2458-7-266
- Rodríguez-López, J., Marrero, G. A., González, R. M., & Leal-Linares, T. (2016). Road accidents and business cycles in Spain. *Accident Analysis and Prevention*, *96*, 46-55. doi:10.1016/j.aap.2016.07.029
- Rose, G. (1985). Sick individuals and sick populations. *International Journal of Epidemiology*, *14*(1), 32-38. doi:10.1093/ije/14.1.32
- Roselló, J., & Saenz-de-Miera, Ó. (2011). Road accidents and tourism: the case of the Balearic Islands (Spain). *Accident Analysis and Prevention*, *43*, 675-683. doi:10.1016/j.aap.2010.10.011
- Sánchez, M. P., Escribano, F., & Tejada, Á. (2018a). Data on the determinants of the risk of fatalities, serious injuries and light injuries in traffic accidents on interurban roads in Spain. *Data in Brief*, *18*, 1941-1944. doi:10.1016/j.dib.2018.04.117
- Sánchez, M. P., Escribano, F., & Tejada, Á. (2018b). Impact of provincial characteristics on the number of traffic accidents victims on interurban roads in Spain. *Accident Analysis and Prevention*, *118*, 178-189. doi:10.1016/j.aap.2018.02.015
- Santamariña-Rubio, E., Pérez, K., Olabarria, M., & Novoa, A. (2013). Measures of exposure to road traffic injury risk. *Injury Prevention*, *19*, 436-439. doi:10.1136/injuryprev-2012-040686
- Scuffham, P. A. (2003). Economic factors and traffic crashes in New Zealand. *Applied Economics*, *35*, 179-188. doi:10.1080/0003684022000017566
- Shen, S., & Neyens, D. M. (2015). The effects of age, gender, and crash types on driver's injury-related health care costs. *Accident Analysis and Prevention*, *77*, 82-90. doi:10.1016/j.aap.2015.01.014
- Söderlund, N., & Zwi, A. B. (1995). Traffic-related mortality in industrialized and less developed countries. *Bulletin of the World Health Organization*, *73*(2), 175-182.
- Stojanová, H., & Blašková, V. (2018). Cost benefit study of a safety campaign's impact on road safety. *Accident Analysis and Prevention*, *117*, 205-215. doi:10.1016/j.aap.2018.04.012
- Tegnér, G., Holmberg, I., Loncar-Lucassi, V., & Nilsson, C. (2000). The DRAG-STOCKHOLM-2 model. In M. Gaudry, & S. Lassarre (Eds.), *Structural Road Accident Models: The International DRAG Family* (pp. 127-156). Nueva York: Pergamon.

- Tolón-Becerra, A., Lastra-Bravo, X., & Flores-Parra, I. (2013). National and regional analysis of road accidents in Spain. *Traffic Injury Prevention, 14*, 486-495. doi:10.1080/15389588.2012.726384
- Traynor, T. L. (2008). Regional economic conditions and crash fatality rates - a cross-country analysis. *Journal of Safety Research, 39*, 33-39. doi:10.1016/j.jsr.2007.10.008
- Traynor, T. L. (2009a). The impact of state level behavioral regulations on traffic fatality rates. *Journal of Safety Research, 40*, 421-426. doi:10.1016/j.jsr.2009.10.003
- Traynor, T. L. (2009b). The relationship between regional economic conditions and the severity of traffic crashes. *Traffic Injury Prevention, 10*, 638-374. doi:10.1080/15389580902995174
- Van Beeck, E. F., Borsboom, G. J., & Mackenbach, J. P. (2000). Economic development and traffic accident mortality in the industrialized world, 1962-1990. *International Journal of Epidemiology, 29*, 503-509. doi:10.1093/ije/29.3.503
- Van Beeck, E. F., Mackenbach, J. P., Looman, C. W., & Kunst, A. E. (1991). Determinants of Traffic Accident Mortality in the Netherlands: A Geographical Analysis. *International Journal of Epidemiology, 20*(3), 698-706. doi:10.1093/ije/20.3.698
- Van den Bossche, F., & Wets, G. (2003). *A structural road accident model for Belgium*. Retrieved from [http://e-ajd.com/source-pdf/AJD-79%20Van%20den%20Bossche%20%20Wets%20DRAG%20%20Belgium%202003%20St eunpuntrapport\\_RA-2003-21.pdf](http://e-ajd.com/source-pdf/AJD-79%20Van%20den%20Bossche%20%20Wets%20DRAG%20%20Belgium%202003%20St eunpuntrapport_RA-2003-21.pdf)
- Wang, C., Quddus, M. A., & Ison, S. G. (2009). Impact of traffic congestion on road accidents: A spatial analysis of the M25 motorway in England. *Accident Analysis and Prevention, 41*, 798-808. doi:10.1016/j.aap.2009.04.002
- Wang, C., Quddus, M. A., & 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. doi:10.1016/j.ssci.2013.02.012
- Wegman, F., Allsop, R., Antoniou, C., Bergel Hayat, R., Elvik, R., Lassarre, S., . . . Wijen, W. (2017). How did the economic recesions (2008-2010) influence traffic fatalities in OECD-countries? *Accident Analysis and Prevention, 102*, 51-59. doi:10.1016/j.aap.2017.01.022
- Wijnen, W., & Stipdonk, H. (2016). Social costs of road crashes: An international analysis. *Accident Analysis and Prevention, 94*, 97-106. doi:10.1016/j.aap.2016.05.005
- Wijnen, W., Weijemars, W., Schoeters, A., Van den Berghe, W., Bauer, R., Carnis, L., . . . Martensen, H. (2019). An analysis of official road crash cost estimates in European countries. *Safety Science, 113*, 318-327. doi:10.1016/j.ssci.2018.12.004
- Wijnen, W., Wesemann, P., & de Blaeij, A. (2009). Valuation of road safety effects in cost-benefit analysis. *Evaluation and Program Planning, 32*(4), 326-331. doi:10.1016/j.evalprogplan.2009.06.015

- World Health Organisation. (2004). *World report on road traffic injury prevention*. Retrieved from <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/42871/1/9241562609.pdf>
- World Health Organisation. (2009). *Global status report on road safety: time for action*. Retrieved from [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44122/1/9789241563840\\_eng.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44122/1/9789241563840_eng.pdf)
- World Health Organisation. (2013). *Global status report on road safety 2013: supporting a decade of action*. Retrieved from [http://www.who.int/violence\\_injury\\_prevention/road\\_safety\\_status/2013/report/es/](http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2013/report/es/)
- World Health Organisation. (2015). *Global status report on road safety 2015*. Retrieved from [http://www.who.int/violence\\_injury\\_prevention/road\\_safety\\_status/2015/en/](http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/en/)
- Wu, J., & Xu, H. (2018). The influence of road familiarity on distracted driving activities and driving operation using naturalistic driving study data. *Transportation Research Part F*, 52, 75-85. doi:10.1016/j.trf.2017.11.018
- Yakovlev, P., & Inden, M. (2010). Mind the weather: A Panel Data Analysis of Time-Invariant Factors and Traffic Fatalities. *Economics Bulletin*, 30(4), 2685-2696.
- Yannis, G., Papadimitriou, E., & Folla, K. (2014). Effect of GDP changes on road traffic fatalities. *Safety Science*, 63, 42-49. doi:10.1016-j.ssci.2013.10.017
- Zeng, Q., Wen, H., Huang, H., & Abdel-Aty, M. (2017a). A Bayesian spatial random parameters Tobit model for analyzing crash rates on roadway segments. *Accident Analysis and Prevention*, 100, 37-43. doi:10.1016/j.aap.2016.12.023
- Zeng, Q., Wen, H., Huang, H., Pei, X., & Wong, S. (2017b). A multivariate random-parameters Tobit model for analyzing highway crash rates by injury severity. *Accident Analysis and Prevention*, 99, 184-191. doi:10.1016/j.aap.2016.11.018
- Zlatoper, T. J. (1991). Determinants of motor vehicle deaths in the United States: A cross-sectional analysis. *Accident Analysis and Prevention*, 23(5), 431-436.

# ANEXOS

---



PUBLICACIONES REFERENTES A LOS  
CAPÍTULOS I Y II

---





ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

## Data in Brief

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/dib](http://www.elsevier.com/locate/dib)

## Data Article

# Data on the determinants of the risk of fatalities, serious injuries and light injuries in traffic accidents on interurban roads in Spain



María Pilar Sánchez González, Francisco Escribano Sotos\*,  
Ángel Tejada Ponce

Faculty of Economic and Business Sciences (University of Castilla-La Mancha), Spain

## ARTICLE INFO

*Article history:*

Received 13 March 2018

Accepted 27 April 2018

Available online 1 May 2018

*Keywords:*

Risk of fatality

Risk of injury

Panel data

Spain

## ABSTRACT

This article describes the data collection used to analyse the risk of fatalities and injuries resulting from traffic accidents on interurban roads in the provinces of Spain from 1999 to 2015. The database includes data on different factors related to accidents rates for each Spanish province. These data were used in the article entitled "Impact of provincial characteristics on the number of traffic accident victims on interurban roads in Spain" (Sánchez et al., 2018) [1].

© 2018 The Authors. Published by Elsevier Inc. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

## Specifications Table

Subject area	<i>Social Sciences</i>
More specific subject area	<i>Road Traffic Accidents</i>
Type of data	<i>Excel files</i>
How data was acquired	<i>Data compilation from public sources</i>
Data format	<i>Raw and analysed</i>
Experimental factors	<i>Compilation of information on the number of victims according to the seriousness of the injury and other factors related to road accident</i>

\* Correspondence to: University of Castilla-La Mancha, Plaza de la Universidad, 1, 02071 Albacete, Spain.  
E-mail address: [Francisco.Esotos@uclm.es](mailto:Francisco.Esotos@uclm.es) (F.E. Sotos).

<https://doi.org/10.1016/j.dib.2018.04.117>

2352-3409/© 2018 The Authors. Published by Elsevier Inc. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Experimental features	statistics for each Spanish province between 1999 and 2015. Construction of variables and configuration of the database using Excel. Specification and development of econometric models using STATA software. The risks of fatalities, serious injuries and slight injuries and their determining factors for each Spanish province were obtained by means of econometric models with data panel.
Data source location	Spanish provinces
Data accessibility	Mendeley Data. Number identification (DOI): ( <a href="http://dx.doi.org/10.17632/yw84spgpmc.3">http://dx.doi.org/10.17632/yw84spgpmc.3</a> ) ( <a href="https://data.mendeley.com/datasets/yw84spgpmc/3">https://data.mendeley.com/datasets/yw84spgpmc/3</a> ) [2]

---

## Value of the data

- The database developed provides the scientific community with a complete and diverse set of determinants of traffic accidents on interurban roads in Spain's smallest territorial units, the provinces.
  - The compilation of the data on the provincial variables selected has important implications for the future of traffic accident research in Spain, given the scant literature available using provinces as the unit of analysis.
  - The data have the potential to serve as guidance for future research in which the objective is a more specific analysis of traffic accident rates in other territorial units or countries.
  - The database pools data gathered from different database, thus providing a useful tool for the research community with an interest in traffic accidents.
- 

## 1. Data

The data presented in this summary were used to develop the research conducted by Sánchez et al. [1]. The data were taken from statistical information compiled in Spain by Directorate General for Traffic, the National Statistics Institute, the Ministry of the Interior, the Ministry of Public Works and Transport and the Ministry of Agriculture, Fisheries, Food and Environment. All the observations of the dependent variables (risks of fatality and injury) were gathered for each province for the 1999–2015 period. The 850 observations and the database design enabled us to conduct an econometric panel data analysis. The record of the number of victims of traffic accidents classified according to seriousness of injury by the Directorate General for Traffic facilitated our twofold objective:

- To quantify the risk of fatality, serious injury and slight injury for each Spanish province resulting from the specific characteristics of each province.
- To determine the relationship between each explanatory variable and the risks of fatality, serious injury and slight injury.

## 2. Experimental design, materials and methods

Once we had the data for the specific set of individual units (provinces) and observations for these units over a defined period of time (1999–2015), we constructed the database by means of panel data. To this end, the columns express each of the variables selected for the main research or those necessary to derive them. The rows include all the observations for each province and in each year of the study period. The provinces are organized in alphabetical order according to the Autonomous Community of which they form part.

The first four columns of the Excel workbook were used to encode the observations: province (name of province); time (year of observation); cprovince (value between 1 and 50 to encode each province) and ctime (value between 1 and 17 to encode the year of observation).

The risks of fatality, serious injury and slight injury for each province in the period under study (dependent variables) were obtained by means of the relationship between two variables: the number of fatalities, serious injuries and slight injuries on interurban roads [3] and the millions of vehicle-kilometres travelled on the same roads [4]. This definition of the dependent variables enabled us to mitigate the heterogeneity across the provinces with respect to the number of vehicle-kilometres travelled on their roads.

The database also includes the different independent variables used in the main research or those necessary to derive them. The compilation and/or the construction of some of the determinants required taking into account certain considerations.

The penalty-points driving licence came into force on 1 July 2006 [5]. The annual nature of the observations for each province gave rise to the question of what value to attribute to the dummy variable included to examine the effect of the introduction of the penalty-points driving licence system. Following a review of the related literature, we assigned a value of 1 to this variable in 20,006 in all the provinces, based on the results of previous studies suggesting that the measure had an impact before its implementation.

To construct the variables referring to the sociodemographic aspects of the models (annual variation in population density and motorization rate), we used the population of each province [6]. This information is published by the National Statistics Institute as of 1 January each year. As some of the variables referred to 31 December, for each year we decided to use the population as of 1 January of the following year, so as to achieve greater temporal homogeneity across the variables.

Some of the factors included in the database are missing certain observations. First, the climate records published in the Annual Statistics of the Ministry of Agriculture, Fisheries, Food and Environment [7] did not provide data for all the provinces across all the years of the study period. Hence, this variable includes only 828 observations of the total of 850.

The non-availability of data is also present in the unemployment rate variable [8]. However, in this case, it is due to a lack of data for 1999 and 2000 as a result of the new definition of unemployed established in Commission Regulation (EC) no. 1897/2000. As suggested by the National Statistics Institute, the figures for 1999 and 2000 are not directly comparable to the other years of the study period.

The calculation of the absolute annual variation in population density (difference between the population density of a province in a particular year and that of the preceding year) resulted in a lack of information for 1999 for all the provinces since no data were available for this variable referring to 1998.

The non-availability in the three series of all the observations had no substantial impact mainly because the models include the investment in infrastructure, lagged one and two periods. STATA did not utilize the data for 1999 and 2000 as there were no lagged observations for these years.

Investments in infrastructure (replacement and construction) per kilometre of road were constructed from two variables. The first is the investment in replacement or construction of interurban roads in each province, regardless of the authority responsible for maintaining the network [4]. The observations of this variable are expressed at constant 2015 prices using the data series from consumer price index of each province [9]. The second of the variables used to construct the two infrastructure variables is the total number of kilometres in the interurban road network of each province [4].

The traffic volume variable, which was included to measure the effect of exposure on the risk of fatalities and injuries in traffic accidents, was obtained using the information published by the Ministry of Public Works and Transport with respect to the number of kilometres travelled on interurban roads (millions of vehicle-kilometres) and the number of kilometres of interurban roads in each province [4]. The Ministry calculates the indicator “millions of vehicle-kilometres travelled

(*veh-km*)” using the following mathematical expression:

$$\text{veh-km} = \frac{365 \cdot \text{ADT} \cdot L_i}{10^6}$$

where *ADT* is the mean daily intensity of traffic and  $L_i$  the length of the stretch of interurban road.

Using this expression and the information available in our database for the variables “*veh-km*” and “ $L_i$ ”, we obtained the traffic volume variable (*ADT*).

## Acknowledgements

None.

## Transparency document. Supporting information

Transparency data associated with this article can be found in the online version at <http://dx.doi.org/10.1016/j.dib.2018.04.117>.

## References

- [1] M.P. Sánchez, F. Escribano, A. Tejada, Impact of provincial characteristics on the number of traffic accident victims on interurban roads in Spain, *Accid. Anal. Prev.* (2018), <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2018.02.015>.
- [2] [dataset] M.P. Sánchez, F. Escribano, A. Tejada, Data for “Impact of provincial characteristics on the number of traffic accident victims on interurban roads in Spain”, Mendeley Data (2017), <http://dx.doi.org/10.17632/yw84spgpmc.3>.
- [3] Directorate General for Traffic, Statistical Yearbook of Accidents, Madrid, 1999–2015. (<http://www.dgt.es/es/seguridad-vial/estadisticas-e-indicadores/publicaciones/anuario-estadistico-accidentes/>).
- [4] Ministry of Public Works and Transport, Statistical Yearbook, General Directorate of Economic Planning and Budgets, General Subdirectorato of Economic Studies and Statistics, Madrid, 1999–2015. ([https://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG\\_CASTELLANO/ATENCION\\_CIUADADANO/INFORMACION\\_ESTADISTICA/EstadisticaSintesis/Anuario/](https://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/ATENCION_CIUADADANO/INFORMACION_ESTADISTICA/EstadisticaSintesis/Anuario/)).
- [5] Ley 17/2005, de 19 de julio, por la que se regula el permiso y la licencia de conducción por puntos y se modifica el texto articulado de la ley sobre tráfico, circulación de vehículos a motor y seguridad vial (BOE n.172 de 20/7/2005).
- [6] National Statistics Institute, Official population figures from Spanish municipalities: Revision of the Municipal Register, 1999–2015. ([http://www.ine.es/dyngs/INEbase/en/operacion.htm?C=Estadistica\\_C&cid=1254736177011&menu=resultados&idp=1254734710990](http://www.ine.es/dyngs/INEbase/en/operacion.htm?C=Estadistica_C&cid=1254736177011&menu=resultados&idp=1254734710990)), (Accessed 1 February 2016).
- [7] Ministry of Agriculture, Fisheries, Food and Environment, Statistical Yearbook, Madrid, 1999–2015. (<http://www.mapama.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-de-estadistica/>).
- [8] National Statistics Institute, Economically Active Population Survey, 1999–2015. ([http://www.ine.es/dyngs/INEbase/en/operacion.htm?C=Estadistica\\_C&cid=1254736176918&menu=ultiDatos&idp=1254735976595](http://www.ine.es/dyngs/INEbase/en/operacion.htm?C=Estadistica_C&cid=1254736176918&menu=ultiDatos&idp=1254735976595)), (Accessed 4 January 2017).
- [9] National Statistics Institute, Consumer Price Index, 1999–2015. ([http://www.ine.es/dyngs/INEbase/en/operacion.htm?C=Estadistica\\_C&cid=1254736176802&menu=ultiDatos&idp=1254735976607](http://www.ine.es/dyngs/INEbase/en/operacion.htm?C=Estadistica_C&cid=1254736176802&menu=ultiDatos&idp=1254735976607)), (Accessed 4 February 2016).



## Impact of provincial characteristics on the number of traffic accident victims on interurban roads in Spain<sup>☆</sup>



María Pilar Sánchez González, Francisco Escribano Sotos<sup>\*</sup>, Ángel Tejada Ponce

Faculty of Economic and Business Sciences, University of Castilla-La Mancha, Plaza de la Universidad, 102071, Albacete, Spain

### ARTICLE INFO

#### Keywords:

Fatalities  
Serious injuries  
Slight injuries  
Panel data  
Provincial characteristics

### ABSTRACT

This study has two aims. The first is to determine how various factors impact on the number of fatalities, serious injuries and slight injuries adjusted for the level of traffic on interurban roads in Spain. The second is to establish the number of victims per million vehicle-kilometres (veh-km) travelled on interurban roads in each province resulting from the effect of its specific characteristics. To this end, we developed six fixed effect panel data models with panel corrected standard errors for the 1999–2015 period. Our results show that while the proportion of high capacity roads, the unemployment rate and the motorization rate contribute to a reduction in the number of fatalities, serious injuries and slight injuries adjusted for level of traffic, the penalty-points licence system is effective in reducing the number of fatalities and serious injuries but not the number of slight injuries. Furthermore, the specific conditions in Ávila, Toledo, Madrid, Santa Cruz de Tenerife, Las Palmas de Gran Canaria, the Balearic Islands, Lleida and all the provinces on the Mediterranean coast cause a higher number of victims per million veh-km travelled than in the remaining provinces. Thus, greater public investment and more socially responsible behaviour are essential tools for reducing the number of traffic accident victims on Spanish interurban roads. Moreover, the provincial institutions emerge as key agents in improving road safety, due to their greater knowledge of the specific conditions and factors affecting each province.

### 1. Introduction

Traffic crashes are one of the major causes of death across the world. According to the World Health Organisation (WHO) in their 2009 and 2013 Reports on Road Safety, more than one million people per year die as a result of traffic crashes (WHO, 2009, 2013). Furthermore, these reports reveal that each year between 20 and 50 million people suffer injuries or trauma due to traffic crashes (WHO, 2009, 2013). Crashes are currently the eighth leading cause of death globally and the leading cause for young people aged 15–29. If no major effort is made to reduce these figures, current trends suggest that by 2030 road traffic deaths will become the fifth leading cause of death globally (WHO, 2013).

In the light of these figures it is not surprising that many authorities claim that road traffic crashes are a public health problem requiring special attention (Plasència and Cirera, 2003; WHO, 2004). Organizations such as the World Bank, the United Nations and the WHO have published reports highlighting the seriousness of the problem and proposing measures to reduce the number of accidents (WHO, 2004). The situation not only causes public health problems but also impacts

on countries' economic and social systems. Many studies have aimed to identify the effect of traffic crashes on healthcare, economic and social costs (Alfaro et al., 1994; Gómez-Restrepo et al., 2014; López Bastida et al., 2004; Shen and Neyens, 2015). The relationship between traffic accidents and the economic cost to social and health services is one of our future research lines.

The deaths and injuries caused by traffic crashes need to be eradicated, and, as in all problems, the first step to finding a solution is to identify the underlying factors, conditions and variables. This information provides countries with guidelines to help them establish measures to reduce the effect of traffic crashes. However, when studying the factors associated with traffic accidents, it must be taken into account that the determinants of individual cases of a health problem may not be the same as those of the incidence rate for that same problem (Rose, 1985).

A large number of factors have been utilized over the last 20 years to attempt to explain accident rates in different countries. One of the most widely used variables is the level of exposure, expressed in the total number of kilometres travelled by vehicles (Aparicio Izquierdo et al., 2013; Blum and Gaudry, 2000; Fournier and Simard, 2000;

<sup>☆</sup> This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

<sup>\*</sup> Corresponding author.

E-mail addresses: [MPilar.Sanchez@uclm.es](mailto:MPilar.Sanchez@uclm.es) (M.P. Sánchez González), [Francisco.ESotos@uclm.es](mailto:Francisco.ESotos@uclm.es) (F. Escribano Sotos), [Angel.Tejada@uclm.es](mailto:Angel.Tejada@uclm.es) (Á. Tejada Ponce).

Fridstrøm and Ingebrigtsen, 1991; Jaeger and Lassarre, 2000; McCarthy, 2000; Tegnér et al., 2000; Van den Bossche and Wets, 2003). These studies suggest a positive relationship, which means the greater the level of exposure, the greater the risk of accidents. A number of studies incorporate various demographic factors in order to analyse the level of exposure, using different indicators (Campos, 2003; Fridstrøm, 2000; Grimm and Treibich, 2013; Tolón-Becerra et al., 2013). The impact differs according to the variable selected.

The economic conditions of a country are related to accident rates. Consequently, many works use different variables to analyse this relationship and its impact (Aparicio Izquierdo et al., 2013; Fournier and Simard, 2000; Fridstrøm, 2000; Grimm and Treibich, 2013; Jaeger and Lassarre, 2000; McCarthy, 2000; Rivas-Ruiz et al., 2007; Tolón-Becerra et al., 2013; Van den Bossche and Wets, 2003). On one hand, gross domestic product or income-related indicators are also included in many models, intuitively accepting a positive relationship between economic conditions and accident rates. On the other, the unemployment rate is negatively related to traffic accidents.

Public investment both in highways and the healthcare system (Aparicio Izquierdo et al., 2013; Campos, 2003; Castillo-Manzano et al., 2014; Fridstrøm, 2000; Fridstrøm and Ingebrigtsen, 1991; Grimm and Treibich, 2013) are included in models to analyse their impact on the number of accidents, with an expected negative relationship.

The impact of weather conditions on accident rates cannot be ignored. It is one of the most commonly used factors in the studies in our review of the literature, with variables including different meteorological aspects such as mean precipitation, hours of sunlight in a specific location, snowfall or temperature (Fournier and Simard, 2000; Fridstrøm, 2000; Fridstrøm and Ingebrigtsen, 1991; Fridstrøm et al., 1995; Jaeger and Lassarre, 2000; McCarthy, 2000; Rivas-Ruiz et al., 2007; Van den Bossche and Wets, 2003). The impact differs according to the variable selected.

A clear relationship exists between infrastructure quality and accident rates. Consequently, the length of the road network or the proportion of a certain type of interurban road are included as explanatory variables, with the relationships revealed differing according to the variable selected (Aparicio Izquierdo et al., 2013; Campos, 2003; Fridstrøm, 2000; Grimm and Treibich, 2013; Jaeger and Lassarre, 2000; Tegnér et al., 2000; Tolón-Becerra et al., 2013).

Finally, a large number of studies analyse the effect of changes in legislation on traffic and road safety (Blum and Gaudry, 2000; Fournier and Simard, 2000; Fridstrøm, 2000; McCarthy, 2000; Tegnér et al., 2000; Van den Bossche and Wets, 2003). The legislation included in these variables ranges from measures related to the use of helmets or seat belts to those concerning changes in speed or alcohol limits. In recent years, a commonly used variable is the introduction of the

penalty-points driving licence. Many studies have found a negative association between this measure and the number of traffic accidents in countries where the system has been implemented (Aparicio Izquierdo et al., 2011; Castillo-Manzano and Castro-Nuño, 2012; Castillo-Manzano et al., 2010).

Drawing on our review of the literature, we propose two aims. The first is to determine how various factors impact on the number of fatalities, serious injuries and slight injuries adjusted for the level of traffic on interurban roads in Spain. The second is to calculate the number of victims per million vehicle-kilometre travelled (MKVT) on interurban roads in each province resulting from the effect of provincial characteristics. To achieve these two aims, we develop six fixed effect panel data models. This econometric technique allows us to examine the effect of different variables on the type of victims and obtain the number of victims resulting from each province's specific conditions or characteristics.

This study makes two new contributions to the literature. The first is our research on the impact of the same group of variables on different types of traffic accident victims. The second is the geographical distribution of the number of victims resulting from the specific conditions of each province, broken down by the severity of injury. Our results are not only of benefit to the literature but also to the institutions responsible for directing road safety policy. On one hand, the models demonstrate that not all the variables have the same impact on the three types of victims and, hence, the introduction of measures to reduce the number of road accidents might have contrasting effects depending on the type of victim analysed. On the other, the differences in the number of victims resulting from the specific characteristics of each province provide a starting point for a review of road safety policy in Spain, which should give greater planning autonomy to the provincial institutions, since they possess greater knowledge of the specific conditions of their own province. The improvements which might thus be obtained would positively impact on public health and the economy in the provinces and in Spain as a whole.

This work is organized as follows: Section 2 includes the empirical approach, explaining the configuration of the database and the choice of the econometric model. Section 3 sets forth the results and discussion. Section 4 proposes the main conclusions.

## 2. Empirical approach

The econometric models were created using annual data from 1999–2015 for all the Spanish provinces, excepting Ceuta and Melilla, which due to their reduced size, distort the study. The choice of frequency and period was determined by the availability of data on the variables. Table 1 shows the main characteristics of all the variables

**Table 1**  
Variables used in empirical analysis.

Name	Description	Mean	SD
<b>Dependent variables</b>			
Fatalities per MVKT (1), (2)	Number of fatalities per MVKT	0.015	0.009
Serious injuries per MVKT (1), (2)	Number of serious injuries per MVKT	0.060	0.037
Slight injuries per MVKT (1), (2)	Number of slight injuries per MVKT	0.236	0.087
<b>Independent variables</b>			
Penalty-points driving licence (4)	Dummy variable taking the value 1 in all provinces in the period in which the penalty-points licence is implemented	0.588	0.492
Traffic volume (2)	Number of vehicles per year that travel on interurban roads in each province, expressed in thousands	1549.815	1250.231
Motorization rate (1), (3)	Number of vehicles per 1000 inhabitants	632.410	81.871
Annual variation in population density (3), (5)	Annual variation in the number of inhabitants per square kilometre	1.047	2.845
Unemployment rate (3)	Percentage of jobless in relation to the working population	15.570	8.175
Precipitation (5)	Total volume of precipitation in millimetres	559.827	341.130
Proportion of high capacity roads (2)	Percentage of high capacity roads in relation to total number of road kilometres	8.948	5.048
Investment in replacement per km of road (2)	Investment in replacement interurban roads expressed in thousands of €/kilometre	13.358	8.970
Investment in construction per km of road (2)	Investment in construction of interurban roads expressed in thousands of €/kilometre	27.558	24.521

(1) Directorate General for Traffic (DGT); (2) Ministry of Public Works and Transport; (3) National Statistics Institute; (4) National Legislation (5) MAGRAMA.

used: definition, source, mean and standard deviation. The data refer to interurban roads since accidents on these roads tend to be more serious and thus have a greater cost for society.

It was decided to use mortality or injury rate rather than the absolute number of victims in each province, expressing the number of fatalities, serious injuries or slight injuries adjusted for MKVT (Albalate, 2008; Farchi et al., 2006; Lamm et al., 1985; Rivas-Ruiz et al., 2007). Our aim is to use these dependent variables to consider the exposure to the risk of fatality or injury in each province. This eliminates the bias generated by the heterogeneity of the level of exposure to these risks. Hakkert and Braimaister (2002) recommended the use of this rate when research aims to compare risks and road safety across different territories. The results obtained by using these rates is, then, of greater interest to policy makers (Eisenberg, 2003). Hence, the findings obtained will represent not only a contribution to the scientific community but also for the policy makers tasked with road safety in Spain. Although the association between exposure to risk and accidents is not linear (Rivas-Ruiz et al., 2007) and the use of the MVKT generates an underestimation of the risk of injury in regions with a high level of non-motorized mobility and high use of public transport (Santamaría-Rubio et al., 2013). Rivas-Ruiz et al. (2007) suggest that this indicator is the best approach to the concept of person-hour travelled (best measure of exposure).

The econometric model used in the study is a fixed effects panel data model with the following specification:

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \dots + \beta_K X_{Kit} + \mu_{it} \quad (1)$$

where  $y_{it}$  denotes the dependent variable, subindex  $i$  denotes the province, subindex  $t$  denotes the study year and subindex  $k$  the number of variable.  $X_{Kit}$  refers to the explanatory variables in the model and finally,  $\mu_{it}$  refers to the error term.

Thus, in a panel data model the error  $\mu_{it}$  may be expressed as follows:

$$\mu_{it} = \alpha_i + \varnothing_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

$\alpha_i$ : represents the non-observable effects which vary between provinces but not over the study period.

$\varnothing_t$ : represents the non-quantifiable effects which vary over time but not across different provinces.

$\varepsilon_{it}$ : represents the purely random error of the model.

Our panel data model is a cross-sectional fixed effects model, so the model implies that  $\varnothing_t = 0$  and the term  $\alpha_i$  is a fixed and different effect for each province, which allows us to achieve the second aim of our study. The choice of fixed effects is supported by the results of the test of overidentifying restrictions (Table 2). Using this test, we were able to establish that a correlation exists between the regressors and the effect of each province, which means the fixed effects models result in more consistent estimations.

The three initial models show econometric problems which must be solved in order to achieve the best estimates. The Wooldridge test shows that the models present first order correlation. The modified Wald test and the Levene's test indicate heteroscedasticity and the Pesaran CD tests show contemporary correlation (Table 2). In order to correct the econometric problems, we decided to use Panel Corrected Standard Errors (PCSE) estimators which eliminate these problems to achieve consistent, robust estimators. These estimators were chosen on the basis of the study conducted by Beck and Katz (1995) which shows that PCSE estimators are more accurate than feasible generalized least square estimators. STATA software was used to estimate the models. Panel Corrected Standard Errors (PCSE) in STATA apply Prais-Winsten regression. Using PCSE and the variables set out in Table 1, we created the three definitive models with each of the dependent variables, the expression of which is shown in Table 3. The models are constructed with a confidence level of 95%. The fixed effects by province were included using dummy variables for each province. So as to avoid multicollinearity, a variable dummy was included for each province,

omitting the constant. The mean VIF value is 2.90. This is below 10, which is the rule of thumb value. All VIF individual values fall below 10. Finally, the three models were calculated taking into account two different specifications for the autoregressive term: the first specification implies the assumption of autocorrelation with the same autoregressive term for each province of Spain. The second specification implies autocorrelation with a different autoregressive term for each province of Spain.

The victims are divided into three categories according to severity: fatality (any person who, as a result of the accident, dies on the spot or within the following thirty days), serious injury (any person injured in a traffic accident and whose injuries result in hospitalization for a period of at least 24 h) and slight injury (any person injured in a traffic accident who is not definable as seriously injured) (OECD, Eurostat and UNECE, 2010).

The explanatory variables were selected to include different aspects based on the literature reviewed. First, as regards legal aspects, we used a dummy variable to measure the impact of the introduction of the penalty-points system, with a value of 1 for every province in the years in which this system has been implemented. Studies such as those by Albalate et al. (2013) and Aparicio Izquierdo et al. (2011) conclude that this variable is negatively related to traffic accident victims. The penalty-points driving licence system came into effect on 1 July 2006. The results obtained by Benedettini and Nicita in 2009 show that this legislation had an impact even before it came into effect (Castillo-Manzano and Castro-Nuño, 2012). The greatest impact of this legislation took place in a two-year period (Castillo-Manzano and Castro-Nuño, 2012). Consequently, we decided to give this dummy variable the value of 1 in 2006 although the system was not implemented during the first six months of the year.

The variable of "traffic volume" is included so as to incorporate into the model the different risk faced by each province. This variable is habitually included in studies that establish the accident rate as a dependent variable, and which use a linear regression model (Elvik, 2017). The accident rate is not independent of the traffic volume, thus considering this indicator allows us to identify its effect on the risk of fatality and injury. Regarding the expected sign, a number of studies find a negative relation between traffic volume and accident rate, primarily due to the fact that higher traffic volume reduces travel speed (Anastasopoulos et al., 2012a, 2012b). Other studies reveal a positive relationship between traffic volume and accident rate due to the effect of greater exposure and, thus, higher level of risk (Wang et al., 2009, 2013). Finally, Wang et al. (2013) highlight that due to the use of the accident rate as dependent variable, much of the literature finds a U-shaped relationship with traffic volume.

To include social factors, we used two different variables. The first variable is the motorization rate, commonly included in studies as an explanatory factor of traffic accidents. Albalate et al. (2013) highlights that the motorization rate is positively related mainly due to the greater risk of exposure. However, this variable may also be negatively related to a higher level of development, better infrastructure and more effective road safety policies (Albalate, 2008; Castillo-Manzano et al., 2015). The second variable is the annual variation in population density of each province. Taking into account the population density of each province results in multicollinearity between this factor and traffic volume. Consequently, we transform population density using first differences. Despite this transformation, we expect to find a negative association with the different types of victims, based on the findings of Eksler et al. (2008), who indicate that regions with higher population density are more developed and have better public transport systems. The number of vehicles is estimated as of 31 December and the population data refer to the registered number of inhabitants as of 1 January. Consequently, the motorization rate was calculated using the population data from the following year resulting in a lack of synchronization of just one day between the two series, resulting in greater time homogeneity.

**Table 2**  
Analysis of the models initially estimated.

		Fatalities per MVKT	Serious injuries per MVKT	Slight injuries per MVKT
Modified Wald test (fixed effects)	Chi2(50)	974.64	1188.62	11058.93
	Prob > chi2	0.000	0.000	0.000
Pesaran's test (fixed effects)	Pesaran's test of cross sectional independence	11.496	15.698	6.526
	Prob.	0.000	0.000	0.000
	Average absolute value of the off-diagonal elements	0.296	0.332	0.357
Levene's test (random effects)	W0: F (49, 681)	2.1518780	5.2359722	7.8751043
	Prob > F	0.0000163	0.000	0.000
	W50: F (49, 681)	1.5479588	3.2322484	4.2299947
	Prob > F	0.01119976	0.000	0.000
	W10: F (49, 681)	2.0175852	4.7522893	7.1718680
	Prob > F	0.00008014	0.000	0.000
Pesaran's test (random effects)	Pesaran's test of cross sectional independence	24.910	23.268	7.422
	Prob.	0.000	0.000	0.000
	Average absolute value of the off-diagonal elements	0.324	0.352	0.385
Wooldridge test (fixed and random effects)	F (1,49)	24.482	34.766	93.983
	Prob > F	0.000	0.000	0.000
Test of overidentifying restrictions (fixed and random effects)	Chi2(50)	143.603	150.451	154.009
	Prob > chi2	0.000	0.000	0.000

The aim of including the unemployment rate is to determine the impact of economic cycles on the road accident rate on interurban roads. A robustly negative association is expected (Gerdtham and Ruhm, 2006) as a result of a decreased demand for goods and services leading to a lower level of traffic, and hence, a lower level of exposure.

The analysis of the relationship between weather conditions and traffic accidents is another novel contribution of this study. As Spain has a variety of climates from north to south, in order to analyse this climatic diversity, we have used the total recorded precipitation in each province. We expect this to be positively related, mainly due to the higher risk of traffic accidents on wet road surfaces (Fridstrøm and Ingebrigtsen, 1991; Yakovlev and Inden, 2010).

Finally, we include three variables in the model to determine the effect of infrastructures. The first variable is the proportion of high capacity roads, defined as the sum of the total kilometres of motorways and dual carriageways. Their design permits a higher level of traffic and also makes overtaking safer. Hence, previous studies have confirmed their negative association with the traffic accident rate (Jamroz, 2012;

Rivas-Ruiz et al., 2007). The other two variables are the investment in replacement and the investment in construction in millions of euros per km of interurban road. Investment in replacement is defined as the investment in road improvement including reconstruction, renovation and major repairs, as well as investment in maintaining road surfaces, rehabilitation and replacement of road management systems and road safety. The disparity in road kilometres of road between provinces means that resources for investment in infrastructure are unequally distributed. Thus, to avoid the investment total distorting the study, we decided to include the two types of investments in constant euros per kilometre of interurban road. To this end, we used the consumer price index of each province in each year included in the study, the investment being expressed on the basis of 2015 figures. We expect to find a negative relationship between both road improvement and construction of new roads and the number of victims adjusted for level of traffic (Albalade et al., 2013). Furthermore, the models include the two types of investment, lagged one and two periods, on the assumption that investments from the previous year and from two years before impact

**Table 3**  
Econometric models.

Dependent model	Econometric model
Fatalities per MVKT (Model 1)	Fatalities per MVKT = $\beta_1$ penalty-points driving licence + $\beta_2$ traffic volume + $\beta_3$ motorization rate + $\beta_4$ annual variation in population density + $\beta_5$ unemployment rate + $\beta_6$ precipitation + $\beta_7$ proportion of high capacity roads + $\beta_8$ investment in replacement per km + $\beta_9$ investment in construction per km + $\beta_{10}$ investment in replacement per km (lagged one period) + $\beta_{11}$ investment in construction per km (lagged one period) + $\beta_{12}$ investment in replacement per km (lagged two periods) + $\beta_{13}$ investment in construction per km (lagged two periods) + $\sum_1^{50} \alpha_i province + \mu_i^*$
Serious injuries per MVKT (Model 2)	Serious injuries per MVKT = $\beta_1$ penalty-points driving licence + $\beta_2$ traffic volume + $\beta_3$ motorization rate + $\beta_4$ annual variation in population density + $\beta_5$ unemployment rate + $\beta_6$ precipitation + $\beta_7$ proportion of high capacity roads + $\beta_8$ investment in replacement per km + $\beta_9$ investment in construction per km + $\beta_{10}$ investment in replacement per km (lagged one period) + $\beta_{11}$ investment in construction per km (lagged one period) + $\beta_{12}$ investment in replacement per km (lagged two periods) + $\beta_{13}$ investment in construction per km (lagged two periods) + $\sum_1^{50} \alpha_i province + \mu_i^*$
Slight injuries per MVKT (Model 3)	Slight injuries per MVKT = $\beta_1$ penalty-points driving licence + $\beta_2$ traffic volume + $\beta_3$ motorization rate + $\beta_4$ annual variation in population density + $\beta_5$ unemployment rate + $\beta_6$ precipitation + $\beta_7$ proportion of high capacity roads + $\beta_8$ investment in replacement per km + $\beta_9$ investment in construction per km + $\beta_{10}$ investment in replacement per km (lagged one period) + $\beta_{11}$ investment in construction per km (lagged one period) + $\beta_{12}$ investment in replacement per km (lagged two periods) + $\beta_{13}$ investment in construction per km (lagged two periods) + $\sum_1^{50} \alpha_i province + \mu_i^*$

**Table 4**

Results of the panel data model with fixed effects corrected using Panel Corrected Standard Errors assuming (A) the same autoregressive term and (B) different regressive term.

	(A) With same autoregressive term			(B) With different autoregressive term		
	Model 1	Model 2	Model 3	Model 1	Model 2	Model 3
Penalty-points driving licence	-0.0031059* (0.000)	-0.0063249* (0.000)	0.0221605** (0.053)	-0.0028327* (0.000)	-0.0063115* (0.001)	0.0221436* (0.018)
Traffic volume	-5.26E-06* (0.000)	-0.0000246* (0.000)	-0.0000695* (0.000)	-4.96E-06* (0.000)	-0.0000234* (0.000)	-0.0000716* (0.000)
Motorization rate	-0.000052* (0.000)	-0.000227* (0.000)	-0.0005963* (0.000)	-0.0000531* (0.000)	-0.0002275* (0.000)	-0.0005191* (0.000)
Annual variation in population density	-0.0000297 (0.498)	-0.0003724* (0.025)	-0.0029548* (0.007)	-0.0000218 (0.550)	-0.0004019* (0.013)	-0.0024359* (0.014)
Unemployment rate	-0.0003478* (0.000)	-0.0019177* (0.000)	-0.00141* (0.038)	-0.0003364* (0.000)	-0.0018493* (0.000)	-0.001629* (0.000)
Precipitation	1.34E-06* (0.019)	8.20E-06* (0.001)	-7.62E-06 (0.537)	1.43E-06* (0.006)	8.40E-06* (0.000)	-8.60E-07 (0.930)
Proportion of high capacity roads	-0.0004548* (0.000)	-0.0016116* (0.000)	-0.005515* (0.002)	-0.0004893* (0.000)	-0.0015438* (0.000)	-0.0062578* (0.000)
Investment in replacement per km	-0.0000199 (0.251)	-0.000282* (0.000)	-0.0005176 (0.121)	-0.0000343* (0.039)	-0.0002501* (0.000)	-0.0006096* (0.027)
Investment in construction per km	-3.02E-06 (0.526)	-0.0000422* (0.037)	7.65E-06 (0.930)	-3.07E-06 (0.478)	-0.0000395* (0.036)	-0.0000174 (0.799)
Investment in replacement per km (lagged one period)	-7.45E-06 (0.660)	0.0000175 (0.792)	-0.0003313 (0.330)	-6.20E-06 (0.711)	0.0000394 (0.524)	-0.0004391 (0.120)
Inv. In construction per km (lagged one period)	9.86E-06** (0.059)	-0.0000187 (0.400)	0.0001558** (0.085)	9.09E-06** (0.060)	-7.81E-06 (0.713)	0.0001438* (0.034)
Investment in replacement per km (lagged two periods)	-0.000013 (0.438)	-0.0000751 (0.264)	-0.0001426 (0.681)	-0.0000206 (0.204)	-0.0000829 (0.177)	-0.0002155 (0.457)
Investment in construction per km (lagged two periods)	1.44E-06 (0.793)	5.73E-06 (0.799)	0.0001191 (0.202)	1.84E-06 (0.715)	0.0000124 (0.563)	0.0001047 (0.150)
R <sup>2</sup>	0.9477	0.9303	0.9429	0.9570	0.9426	0.9609
R <sup>2</sup> without provincial effects	0.8134	0.7372	0.7934	0.8361	0.7794	0.8354
Wald chi2	37503.08	44064.68	385874.68	61800.10	72566.63	140054.45
Prob > chi2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Note: The p-value is expressed in parentheses \* Statistically significant to 5% \*\* Statistically significant to 10%.

on the accident rate of the year in course.

### 3. Results and discussion

#### 3.1. Determinants of risk of fatality and injury

The main aims of this study are to determine, on one hand, how certain factors impact differently on the number of fatalities, serious injuries and slight injuries adjusted for the level of traffic on interurban roads in Spain, and, on the other, to calculate the number of fatalities, serious injuries and slight injuries, adjusted for the level of traffic on interurban roads, in each Spanish province resulting from the specific characteristics of the provinces. Our findings allow us to make significant observations, which could be the basis of future research related to this study.

With regard to the first objective, Table 4 shows the results of the three models assuming (A) the same autoregressive term for all provinces and assuming (B) a different autoregressive term for each province. In both assumptions the three models have a good level of significance: the R-squared value in all three models is higher than 0.92. If we compare the two types of specifications, the R-squared value is higher when assuming autocorrelation with a different regressive term. The joint significance measured using the Wald test is good in all the models, thus the variables jointly explain the number of fatalities, serious injuries or slight injuries per MVKT. The results are similar for the majority of the variables regardless of which autoregressive term is assumed.

The sign of the variable referring to the implementation of the penalty-points driving licence differs according to the type of victim analysed. On one hand, the coefficients associated with the penalty-points licence system are negative and statistically significant in the models for fatalities and serious injuries per MVKT, which coincides

with the results of other works (Albalate et al., 2013; Aparicio Izquierdo et al., 2011; Castillo-Manzano and Castro-Nuño, 2012; Castillo-Manzano et al., 2010). Some of these studies limit the effects of this legislation to 18 and 24 months but the coefficients obtained in our models show that the effect of this measure continues (Novoa et al., 2010). This generates and maintains changes in drivers' behaviour, leading to indisputable improvements in road safety. On the other hand, the coefficient corresponding to the penalty-points licence is positive and statistically significant in the model for slight injuries per MKVT, which suggests the implementation of the penalty-points driving licence has not initially helped to reduce the number. To the best of our knowledge, no other study presents a similar finding.

All the models reveal a statistically significant negative relationship between traffic volume and the risk of fatality and injury. Thus, it may be concluded that an increase in traffic volume would reduce the risk of fatality and injury in Spain, supported by the findings of previous studies (Zeng et al., 2017a,b). This relationship suggests that increased traffic volume leads drivers to choose lower speeds, which evidently reduces the risk of fatality and injury. Thus, in Spain, it can be said that the effect of speed reduction is higher than the effect of greater exposure.

All the models reveal evidence of a significant negative relationship between the motorization rate and the number of fatalities, serious injuries and slight injuries per MVKT, although their effect is much smaller compared to that of other variables included in the models. These results coincide with the results of other studies (Albalate, 2008; Albalate and Bel, 2012; Castillo-Manzano et al., 2015). Similarly to the results of previous studies, the sign of this variable in relation to accident rates may be positive when there is a greater level of exposure, or negative when there is a greater level of economic development with better infrastructures, safer vehicles or more effective road safety policies (Castillo-Manzano et al., 2014). In all our models, the effect of

economic development is larger than that of exposure.

The annual variation in population density presents a statistically significant negative coefficient in the models for the number of serious injuries per MVKT and the number of slight injuries per MVKT, which is in line with the studies by Eksler et al. (2008), Tolón-Becerra et al. (2013) or Yakovlev and Inden (2010). Similarly to the results of these studies, areas with greater population density are assumed to have more developed infrastructure networks and a larger public transport system as a result of the greater demand for infrastructures from the resident population.

Our results show that the unemployment rate is one of the variables with the largest effect on road safety in Spain, with a statistically significant negative coefficient in the models designed for the three victim types. These results coincide with the findings of Albalate et al. (2013), Bergel Hayat et al. (2015), Elvik (2015) and Kweon (2015). When the unemployment rate increases, the number of journeys is reduced as a result of the economic situation. Thus, the number of victims decreases due to the lower level of exposure (Wegman et al., 2017). Both the motorization rate and the unemployment rate are variables allowing us to include the economic conditions of a province in the model, although the two variables integrate different economic data. The motorization rate measures the level of economic development of a province while the unemployment rate indicates the stage of the economic cycle at which the province is situated. Consequently, the coefficients of the two variables obtain the expected sign.

The effect caused by precipitation in relation to an increase in the risk of accidents due to wet road surfaces is reflected in our study in the case of two types of victims: serious injuries and fatalities per MVKT. Precipitations present a statistically significant positive coefficient for these types of victims, regardless of the assumption made for the autoregressive term. Our results are similar to the findings of other studies (Eisenberg, 2004; Fridstrøm et al., 1995; Yakovlev and Inden, 2010). The effect of the greater risk caused by wet road surfaces in the models is higher than the negative relationship caused by the reduction in speed levels as a result of more careful driving behaviour.

The quality of infrastructures (measured by the proportion of dual carriageways and motorways) is the variable with the greatest influence on the reduction of the number of victims on interurban roads in Spain. This variable has a statistically significant negative coefficient in the models designed for the three victim types, which implies that the higher the proportion of high quality roads, the lower is the number of traffic accident victims. Albalate (2008), Albalate and Bel (2012), Castillo-Manzano et al. (2015), Jamroz (2012) and Rivas-Ruiz et al. (2007) present similar results, concluding that safer, higher-quality roads are a driver for major improvements in road safety.

Before we analyse the results obtained for investment per km of road, it is worth bearing in mind the limitations of using this indicator since it assumes the amount of investment corresponds equally to each kilometre of road, which, in all reality, is highly unlikely. Furthermore, the inclusion of the total value of investments per km of road obliges us to include highly different actions, from improvements in signage to replacing road surface, which means the specificity in the study is reduced.

Bearing in mind these limitations and erring on the side of caution, investment in road replacement for the year in course shows a statistically significant negative relationship with the number of fatalities, serious injuries and slight injuries per MVKT (only when assuming the different autoregressive term for fatalities and slight injuries). Hence, improvement in infrastructures is effective in reducing the number of traffic accident victims in Spain. This is consistent with the findings of Albalate et al. (2013). Nonetheless, the results of investment in replacement per km of road are different as regards the impact on the three types of victims adjusted for the level of exposure. If we assume a similar autoregressive term for all the provinces, the investment in replacement per kilometre of road has a positive impact in terms of road safety on the number of serious injuries adjusted for level of exposure.

However, assuming a different autoregressive term, the investment in replacement per kilometre of road helps to reduce the number of fatalities, serious injuries and slight injuries adjusted for level of exposure. This disparity in the results for this variable according to the type of assumption made regarding the autoregressive term is due to the stochasticity of the model, since this differing behaviour is not supported by any findings in road safety literature. This trend opens up a future research line, supported, furthermore, by the scant literature analysing the effectiveness of investment in road infrastructure.

Finally, the impact of investment in construction is much less robust than that of investment in replacement. The investment in construction for the year in course yields a statistically significant negative association only with the number of serious injuries per MVKT. In contrast, the models reveal that investment in construction per kilometre of road for the year before has a totally different impact on the number of fatalities and slight injuries per MVKT, impairing the safety of these types of victims. These findings are the results of two effects. The first is the risk compensation effect proposed by Peltzman (1975), who determined that the effect of investment may be contrary to that desired or expected since new infrastructure implies increased demand. Moreover, the higher quality of the road leads drivers to increase speed, and therefore, take greater risks. The second risk is related to familiarity with the road. Repeated use of a familiar road leads drivers to lower their level of attention. Thus, they take greater risks on roads they know than roads which are unfamiliar (Charlton and Starkey, 2013). This risk is exacerbated by the fact that drivers' speed increases the more they drive on the same roads (Colonna et al., 2016). Finally, as regards the investment in construction per kilometre of road from two years before, the models show that this investment has no impact on the road safety of any of the three types of victims.

### 3.2. Geographical distribution of risk of fatality and injury

As regards our second aim, the coefficients obtained by using dummy variables for each province in a fixed effect panel data model yields the number of victims on interurban roads caused by the effect of the different provincial characteristics, which rarely change over time and when they do, the changes are slight (shape of the terrain, geographical location, population's driving habits, etc.). In this analysis we used the Wald test to verify whether the coefficients of the 50 provinces are useful and relevant in explaining the behaviour of the dependent variables. In all three models, assuming both the same and a different autoregressive term, the Wald test generates a p-value of 0, thus all the coefficients related to the provinces help to explain the dependent variables. Table 4 shows the R-squared value of our models without the dummy variables which capture the effects of the characteristics of each province. In all the models, the R-squared value is significantly lower, with the highest value corresponding to model 1 assuming a different autoregressive term. These values allow us to state that the inclusion of fictitious variables reflecting these "provincial characteristics" improves the model and yields more consistent results.

Figs. 1 and 2 show that, regardless of the assumption made for the autoregressive term, there is greater heterogeneity in the resulting intervals due to the greater disparity between the provinces with the highest and lowest number of fatalities per MVKT. Despite this heterogeneity, the first three intervals correspond almost identically to the areas with the highest traffic accident rate: Ávila, Toledo, Madrid, Vizcaya, the Balearic Islands, Santa Cruz de Tenerife, Las Palmas de Gran Canaria, Seville, Lleida and all the provinces on the Mediterranean coast reach figures of more than 0.0658 fatalities per MVKT (0.0661 with different autoregressive term).

The geographical distribution of the number of serious injuries per MVKT, assuming the same autoregressive term, (Fig. 3) is similar to that of the model for fatalities: Pontevedra, Ávila, Toledo, Madrid, Vizcaya, the Balearic Islands, Santa Cruz de Tenerife, Las Palmas de Gran Canaria, Seville, Lleida and all the provinces on the Mediterranean coast

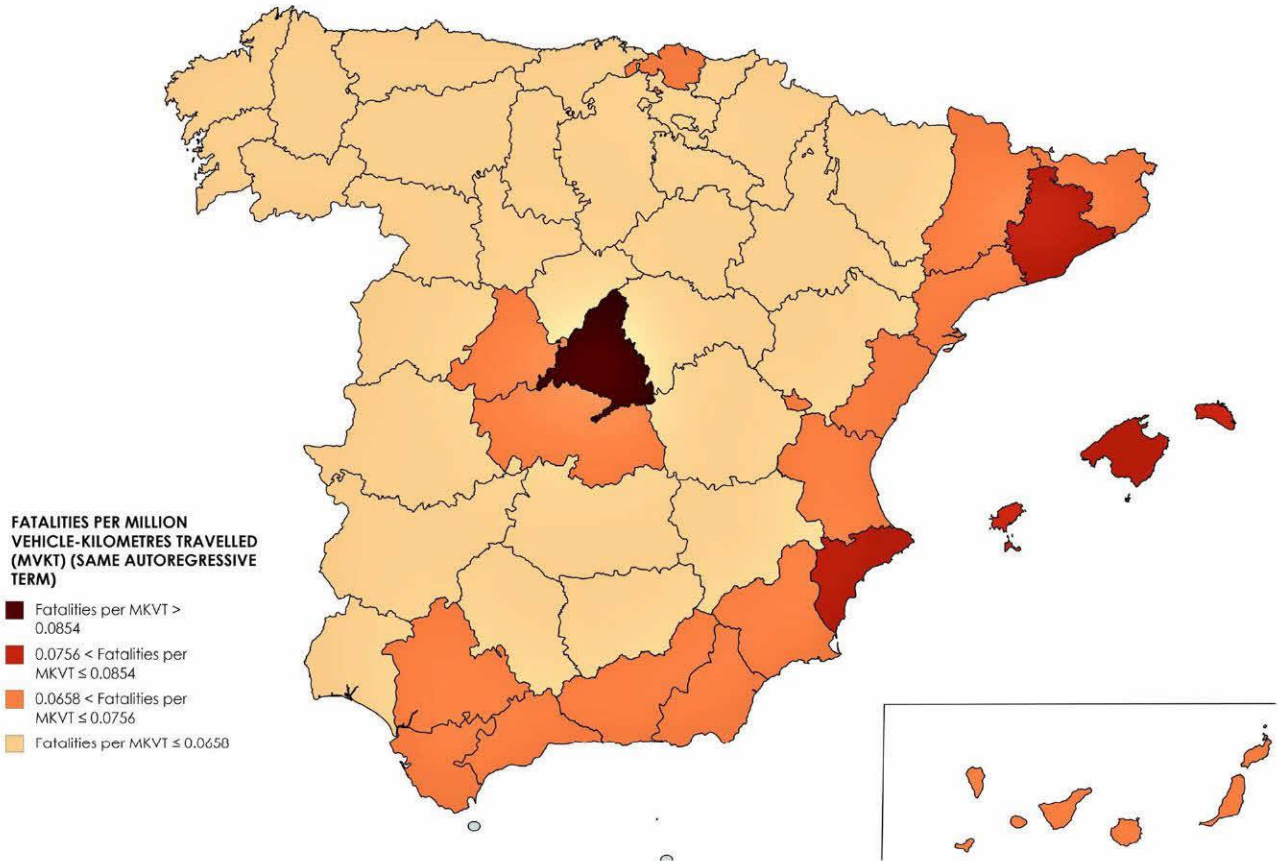


Fig. 1. Number of fatalities per MVKT resulting from the specific characteristics of each province (same autoregressive term).

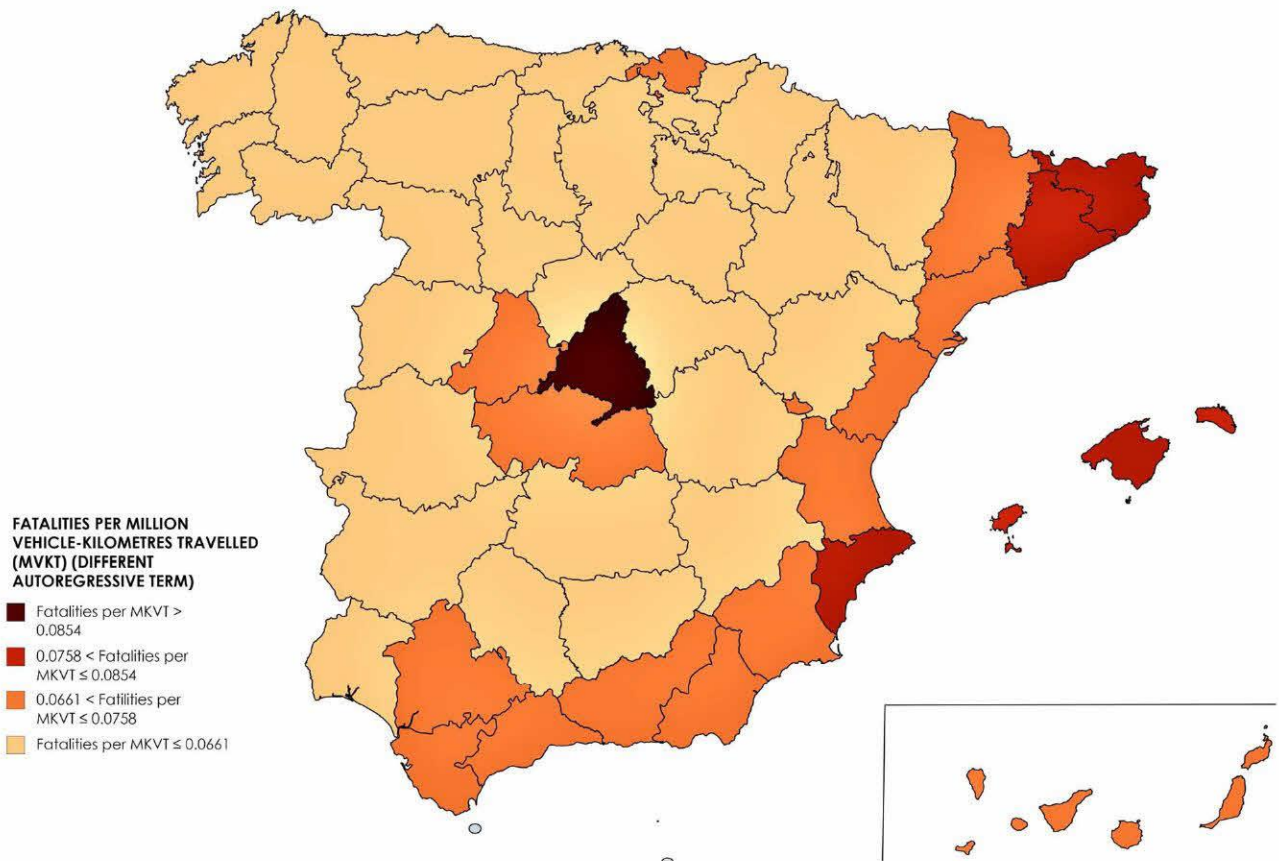


Fig. 2. Number of fatalities per MVKT resulting from the specific characteristics of each province (different autoregressive term).

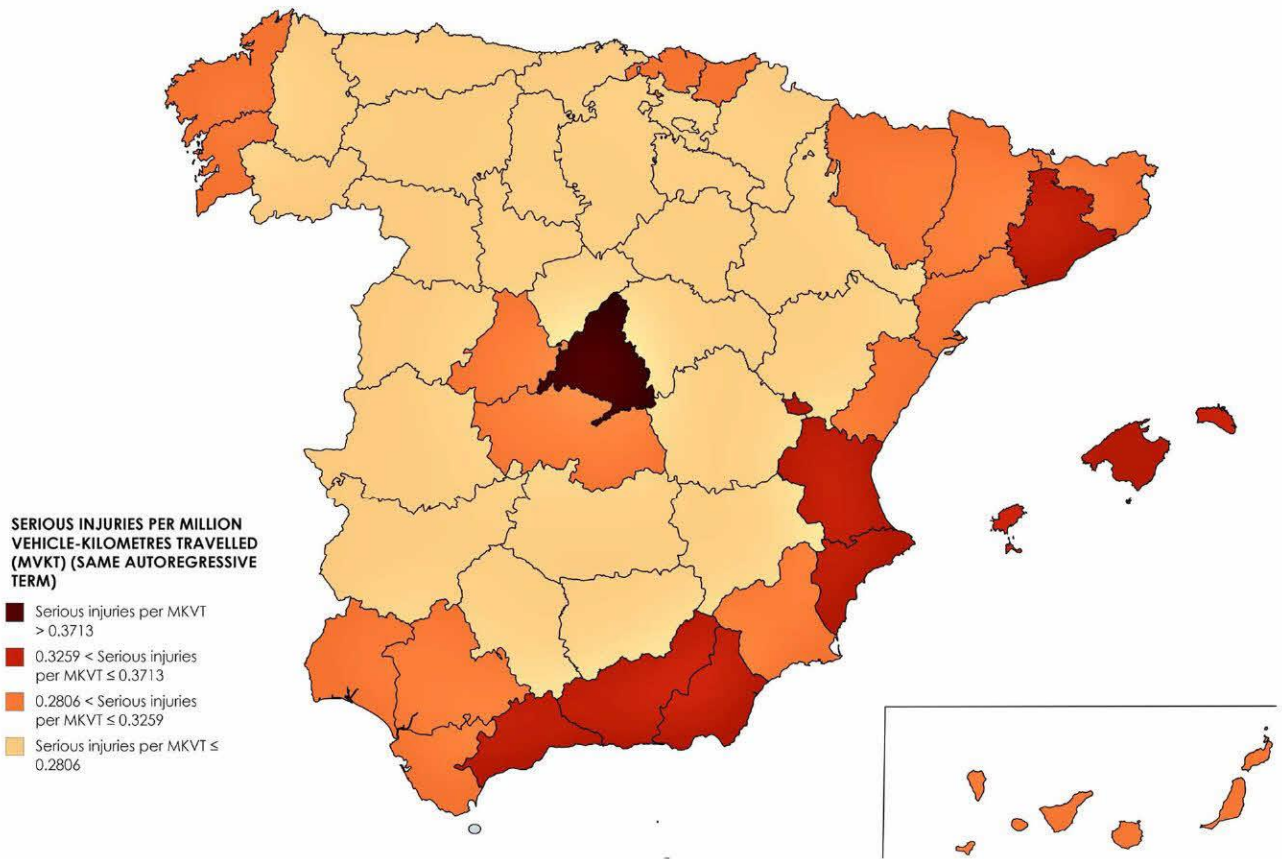


Fig. 3. Number of serious injuries per MKVT resulting from the specific characteristics of each province (same autoregressive term).

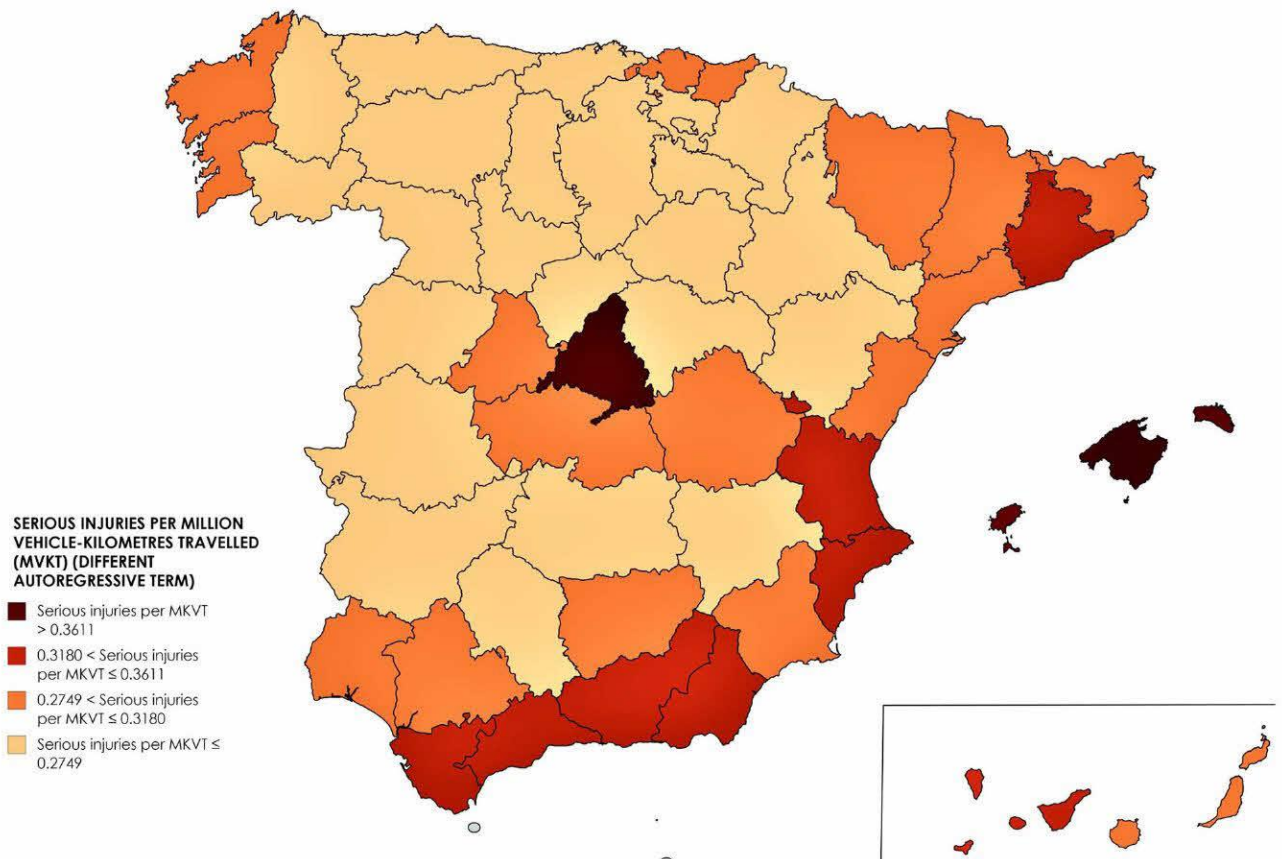


Fig. 4. Number of serious injuries per MKVT resulting from the specific characteristics of each province (different autoregressive term).

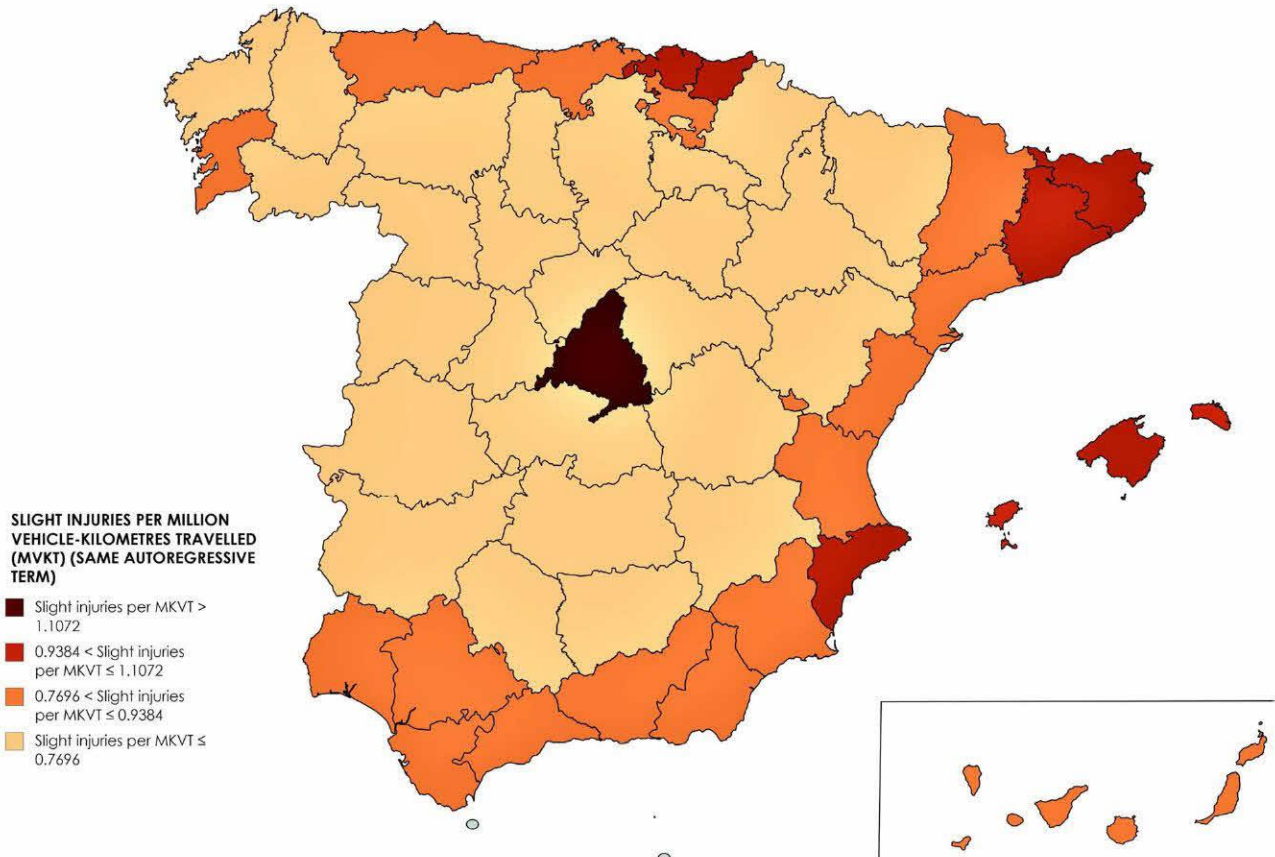


Fig. 5. Number of slight injuries per MVKT resulting from the specific characteristics of each province (same autoregressive term).

register more than 0.2806 serious injuries per MVKT. In contrast to the pattern revealed in Fig. 1 the provinces of Pontevedra, A Coruña, Guipúzcoa, Huesca and Huelva present a rate of serious injuries per MVKT higher than 0.2806. Similarly to Fig. 3 assuming a different autoregressive term yields greater disparity between provinces and, hence, greater heterogeneity in the intervals created (Fig. 4). Thus, the provinces with the highest number of serious injuries per MVKT (more than 0.2749) are practically the same ones as in Fig. 3. Thus, Cuenca and Jaén enter this group of provinces with a higher number of serious injuries per MVKT.

Finally, the geographical distribution of the risk of slight injury in Spain is largely similar to that of fatality and serious injury (Figs. 1 and 4). Regardless of the chosen assumption of autoregressive term, practically the same provinces register a higher number of slight injuries per MVKT (Figs. 5 and 6): Madrid, Pontevedra, Asturias, Cantabria, Álava, Guipúzcoa, Vizcaya, the Balearic Islands, Santa Cruz de Tenerife, Las Palmas de Gran Canaria, Lleida and all the provinces on the Mediterranean coast register more than 0.7696 slight injuries per MVKT (0.7347 with a different autoregressive term). This distribution of the risk of fatality and injury allows us to state that the specific characteristics of the provinces has a similar impact on the types of victim differentiated by the degree of injury.

With the results obtained, we can affirm that the characteristics of each province in Spain are another essential variable in the accident rates on interurban roads. The inclusion of provincial effects shows that the individual characteristics of each province are a major factor in accident rates. These effects demonstrate that a priori ideas we might have regarding provinces with the lowest or highest accident rates change in the light of the results. Figs. 1–6 reveal a pattern or trend in the geographical distribution of the risk of fatality and injury: specific characteristics of the provinces on the Mediterranean coast are responsible for their higher number of victims per MVKT. First, we

believe tourism is one of the factors explaining this tendency. In their study, Roselló and Saenz-de-Miera (2011) identify the impact of tourism on the traffic accident rate in the Balearic Islands, showing it to be one of the determinants of road accidents in the region. Second, the offer of public transport has an effect on reducing traffic accidents: public transport in the Mediterranean provinces is much more limited than in the rest of Spain, and hence, we believe that it might be one of the factors explaining this trend in the geographical distribution of risk of fatality and injury. Social pressure in these provinces has led to the rail infrastructure project known as the “Mediterranean Corridor”, included in European transport policy. Finally, the higher traffic density on the roads of the Mediterranean provinces as result of the above two factors is a further element generating differences in mortality and injury rates across Spanish provinces. Furthermore, the results between the two assumptions for each province highlight the importance of identifying and controlling for the specific conditions of each province. The estimated coefficients when assuming a different autoregressive term are higher in the models for serious injuries and fatalities per MVKT in some provinces than in the model for slight injuries. These results do not allow us to identify the specific characteristics making the difference in the accident rates for each province.

Our review of the literature does not allow us to compare the results obtained for the second aim as we found no studies calculating the number of victims on interurban roads resulting from the specific characteristics of the Spanish provinces or any other country or region. The results of the present study make a novel contribution to the scientific literature, providing a starting point for future research focusing on determining the characteristics which give rise to the differences between provinces in Spain. The results of this study serve as a key tool to enhance the development of road safety policies in Spain since the specific characteristics of each province result in differences in their road accident victim rates.

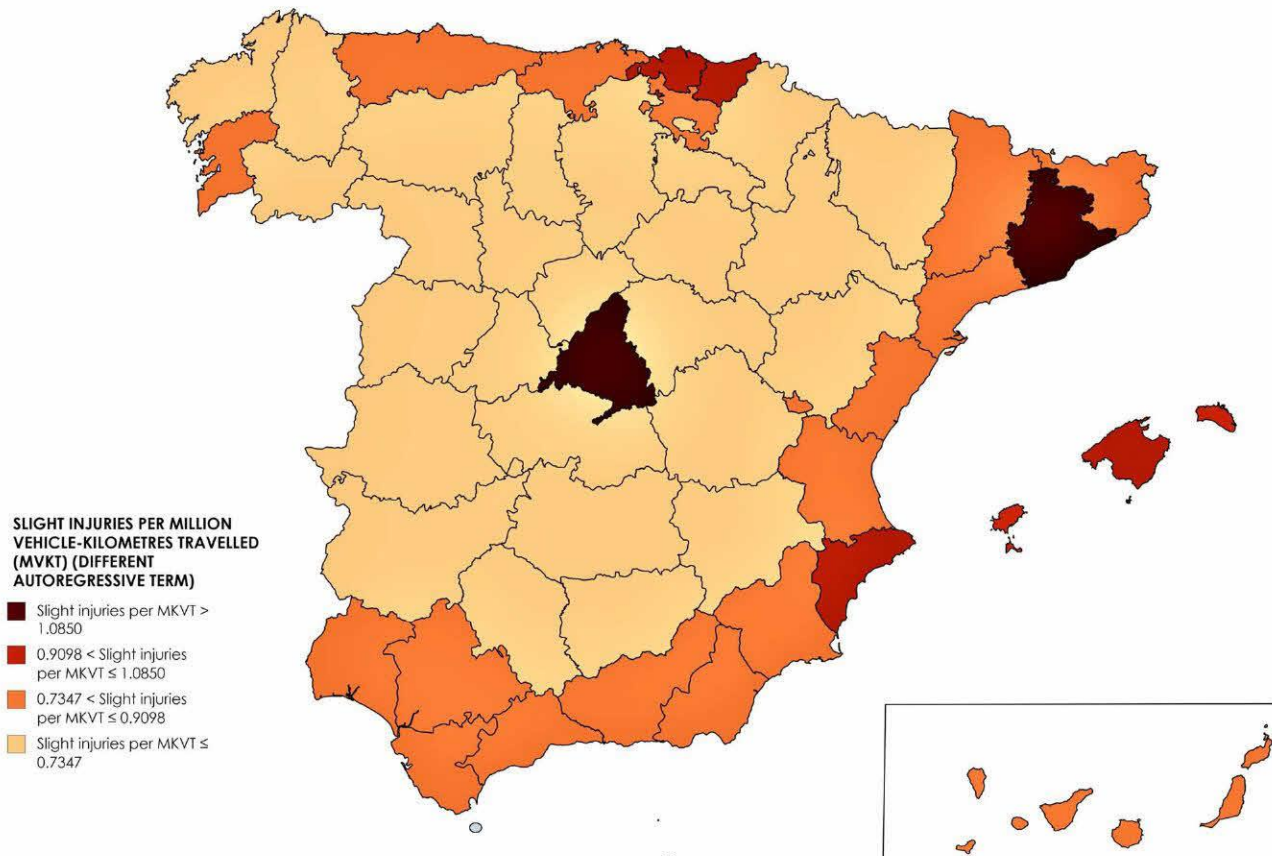


Fig. 6. Number of slight injuries per MVKT resulting from the specific characteristics of each province (different autoregressive term).

#### 4. Conclusions

This study analyses the effect of different economic, technical, social and legislative variables on the number of traffic accident victims, differentiating them according to the type of injury: fatality, serious injury or slight injury. The econometric models were developed using panel data corresponding to all the provinces in Spain during the 1999–2015 period, including the effect of the characteristics of each province, using fixed effects and applying Panel Corrected Standard Errors.

Most of the variables are found to have a positive effect on road safety, reducing the number of traffic accident victims per MVKT. Variables such as investment in road replacement or the proportion of high capacity roads are essential variables which can be leveraged by the public sector to improve safety on the roads. Improving the quality of infrastructures, building more high capacity roads, increasing investment in road replacement and construction firmly place the responsibility and obligation of making greater investments in these elements on the State so as to gradually reduce the number of victims on the road. Furthermore, the State needs to ponder and evaluate the introduction of stricter traffic and road safety legislation not only with regard to drivers but to all road users. This legislation would serve to raise awareness of the need for safer driving.

The motorization rate is an indicator related to the level of economic development. Countries with higher rates of motorization are thought to have better infrastructures and better vehicles. Consequently, the State and society need to work together so that improving the level of economic development of countries results indirectly in an improvement in road safety via the motorization rate, with greater demand for increasingly safer vehicles.

Better infrastructures, greater economic development and less permissive legislation can greatly help to reduce fatalities and serious

injuries on the roads and, consequently, reduce related social and health care costs. This would not only permit an improvement in public health but would also generate savings for public finances.

As well as the influence of all the variables analysed, the individual characteristics of each Spanish province mean the provincial road safety policies are an effective tool in the reduction of traffic accident victims in Spain. Modifying road safety legislation in the light of these individual characteristics, building infrastructures which are better adapted to weather conditions, the shape of the terrain or the demand for infrastructures are examples of measures required to control the characteristics of each province. Consequently, the provincial institutions must become the principal drivers of improvements in road safety.

The analysis conducted in this study provides a base for future research. This research will focus primarily on elasticity analysis and the use of marginal effects related to measuring the individual impact of the different explanatory factors defined in this study for the three types of traffic accident victims, that is, the individual effect of the changes in each of the selected determinants on the number of victims. This future work will contribute to a greater knowledge of one of the most serious national and international public health problems.

[dataset] Directorate General for Traffic. (1999–2015). *General Statistical Yearbook*. Madrid.

[dataset] Directorate General for Traffic. (1999–2015). *Statistical Yearbook of Accidents*. Madrid.

[dataset] First author, Second author, & Third author. (2017). Data for: Impact of provincial characteristics on the number of traffic accident victims on interurban roads in Spain. *Mendeley Data*. doi:10.17632/yw84spgpmc.3

[dataset] MAGRAMA. (1999–2015). Chapter 1. Territory. In MAGRAMA, *Statistical Yearbook*.

[dataset] MAGRAMA. (1999–2015). Chapter 2. Climatology and hydrology. In MAGRAMA, *Statistical yearbook*.

[dataset] Ministry of Public Works and Transport. (1999–2015). Statistical yearbook. General Directorate of Economic Planning and Budgets, General Subdirector of Economic Studies and Statistics. Madrid.

[dataset] National Statistics Institute. (n.d.). *Consumer Price Index*. Retrieved February 4, 2016, from INEbase: [http://www.ine.es/dyngs/INEbase/en/operacion.htm?c=Estadistica\\_C&cid=1254736176802&menu=ultiDatos&idp=1254735976607](http://www.ine.es/dyngs/INEbase/en/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736176802&menu=ultiDatos&idp=1254735976607)

[dataset] National Statistics Institute. (n.d.). *Economically Active Population Survey*. Retrieved January 4, 2017, from INEbase: [http://www.ine.es/dyngs/INEbase/en/operacion.htm?c=Estadistica\\_C&cid=1254736176918&menu=ultiDatos&idp=1254735976595](http://www.ine.es/dyngs/INEbase/en/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736176918&menu=ultiDatos&idp=1254735976595)

[dataset] National Statistics Institute. (n.d.). *Official population figures from Spanish municipalities: Revision of the Municipal Register*. Retrieved February 1, 2016, from INEbase: [http://www.ine.es/dyngs/INEbase/en/operacion.htm?c=Estadistica\\_C&cid=1254736177011&menu=resultados&idp=1254734710990](http://www.ine.es/dyngs/INEbase/en/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736177011&menu=resultados&idp=1254734710990)

## References

- Albalade, D., 2008. Lowering blood alcohol content levels to save lives: the European experience. *J. Policy Anal. Manag.* 27 (1), 20–39. <http://dx.doi.org/10.1002/pam.20305>.
- Albalade, D., Bel, G., 2012. Motorways, tolls and road safety: evidence from Europe. *SERIEs* 3 (4), 457–473. <http://dx.doi.org/10.1007/s13209-011-0071-6>.
- Albalade, D., Fernández, L., Yarygina, A., 2013. The road against fatalities: infrastructure spending vs. regulation? *Accid. Anal. Prev.* 59, 227–239. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2013.06.008>.
- Alfaro, J.L., Chapuis, M., Fabre, F., 1994. *Socio-Economic Cost of Road Accidents: Final Report of Action Cost 313*. Commission of European Community, Brussels.
- Anastasopoulos, P., Mannering, F., Shankar, V., Haddock, J., 2012a. A study of factors affecting highway accident rates using the random-parameters tobit model. *Accid. Anal. Prev.* 45, 628–633. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2011.09.015>.
- Anastasopoulos, P., Shankar, V., Haddock, J., Mannering, F., 2012b. A multivariate tobit analysis of highway accident-injury-severity rates. *Accid. Anal. Prev.* 45, 110–119. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2011.11.006>.
- Aparicio Izquierdo, F., Arenas Ramírez, B., Bernardos Rodríguez, E., 2013. The interurban DRAG-Spain model: the main factors of influence on road accidents in Spain. *Res. Transp. Econ.* 37 (1), 57–65. <http://dx.doi.org/10.1016/j.retrec.2011.08.011>.
- Aparicio Izquierdo, F., Arenas Ramírez, B., Mira McWilliams, J.M., Páez Ayuso, J., 2011. The endurance of the effects of the penalty point system in Spain three years after. Main influencing factors. *Accid. Anal. Prev.* 43 (3), 911–922. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2010.11.014>.
- Beck, N., Katz, J., 1995. What to do (and not to do) with time-series cross-section data. *Am. Political Sci. Rev.* 89 (3), 634–647.
- Bergel Hayat, R., Christoforou, Z., Ferrière, S., 2015. The impact of the economic crisis on road mortality: an explanatory approach for some countries in Europe. IIT/IRTAD, Why Does Road Safety Improve When Economic Times are Hard? Paris, 169–182.
- Blum, U., Gaudry, M., 2000. The SNUS - 2.5 model for Germany. In: Gaudry, M., Lassarre, S. (Eds.), *Structural Road Accident Models: The International DRAG Family*. Pergamon, Nueva York, pp. 67–94.
- Campos, J., 2003. *Inversión en carreteras y accidentes de tráfico: una aproximación econométrica*. Santander: XXIX Reunión de Estudios Regionales.
- Castillo-Manzano, J., Castro-Nuño, M., 2012. Driving licenses based on point systems: efficient road safety strategy or latest fashion in global transport policy? A worldwide meta-analysis. *Transp. Policy* 21, 191–201. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tranpol.2012.02.003>.
- Castillo-Manzano, J., Castro-Nuño, M., Fageda, X., 2014. Can health public expenditure reduce the tragic consequences of road traffic accidents? The EU-27 experience. *Eur. J. Health Econ.* 15 (6), 645–652. <http://dx.doi.org/10.1007/s10198-013-0512-1>.
- Castillo-Manzano, J., Castro-Nuño, M., Fageda, X., 2015. Can cars and trucks coexist peacefully on highways? Analyzing the effectiveness of road safety policies in Europe. *Accid. Anal. Prev.* 77, 120–126. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2015.01.010>.
- Castillo-Manzano, J., Castro-Nuño, M., Pedregal, D.J., 2010. An econometric analysis of effects of the penalty points system driver's license in Spain. *Accid. Anal. Prev.* 42 (4), 1310–1319. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2010.02.009>.
- Charlton, S., Starkey, N., 2013. Driving on familiar roads: automaticity and inattention blindness. *Transp. Res. Part F* 19, 121–133. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trf.2013.03.008>.
- Colonna, P., Intini, P., Berloco, N., Ranieri, V., 2016. The influence of memory on driving behavior: how route familiarity is related to speed choice. An on-road study. *Saf. Sci.* 82, 456–468. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2015.10.012>.
- Eisenberg, D., 2003. Evaluating the effectiveness of policies related to drunk driving. *J. Policy Anal. Manag.* 22 (2), 249–274. <http://dx.doi.org/10.1002/pam.10116>.
- Eisenberg, D., 2004. The mixed effects on precipitation on traffic crashes. *Accid. Anal. Prev.* 36 (4), 637–647. [http://dx.doi.org/10.1016/S0001-4575\(03\)00085-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0001-4575(03)00085-X).
- Eksler, V., Lassarre, S., Thomas, I., 2008. Regional analysis of road mortality in Europe. *Public Health* 122 (9), 826–837. <http://dx.doi.org/10.1016/j.puhe.2007.10.003>.
- Elvik, R., 2015. An analysis of the relationship between economic performance and the development of road safety. IIT/IRTAD, Why Does Road Safety Improve When Economic Times are Hard? Paris, 43–142.
- Elvik, R., 2017. A synthesis of studies of access point density as a risk factor for road accidents. *Accid. Anal. Prev.* 107, 1–10. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2017.07.006>.
- Farchi, S., Molino, N., Rossi, P.G., Borgia, P., Krzyzanowski, M., Dalbokova, D., Kim, R., the European Road Accident Indicator Working Group, 2006. Defining a common set of indicators to monitor road traffic accidents in the European Union. *BMC Public Health* 6, 183. <http://dx.doi.org/10.1186/1471-2458-6-183>.
- Fournier, F., Simard, R., 2000. The DRAG-2 model for Quebec. In: Gaudry, M., Lassarre, S. (Eds.), *Structural Road Accident Models: The International DRAG Family*. Pergamon, Nueva York, pp. 37–66.
- Fridstrøm, L., 2000. The TRULS-1 model for Norway. In: Gaudry, M., Lassarre, S. (Eds.), *Structural Road Accident Models: The International DRAG Family*. Pergamon, Nueva York, pp. 97–126.
- Fridstrøm, L., Ingebrigtsen, S., 1991. An aggregate accident model based on pooled, regional time-series data. *Accid. Anal. Prev.* 23 (5), 363–378.
- Fridstrøm, L., Ifver, J., Ingebrigtsen, S., Kulmala, R., Thomsen, L., 1995. Measuring the contribution of randomness, exposure, weather, and daylight to the variation in road accident counts. *Accid. Anal. Prev.* 27 (1), 1–20.
- Gerdtham, U., Ruhm, C., 2006. Death rises in good economic times: evidence from the OECD. *Econ. Hum. Biol.* 4 (3), 298–316. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ehb.2006.04.001>.
- Gómez-Restrepo, C., Gómez-García, M., Naranjo, S., Rondón, M., Acosta-Hernández, A., 2014. Alcohol consumption as an incremental factor in health care costs for traffic accident victims: evidence in medium sized Colombian city. *Accid. Anal. Prev.* 73, 269–273. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2014.09.023>.
- Grimm, M., Treibich, C., 2013. Determinants of road traffic crash fatalities across Indian states. *Health Econ.* 22 (8), 915–930. <http://dx.doi.org/10.1002/hec.2870>.
- Hakkert, A., Braimaister, L., 2002. The uses of exposure and risk in road safety studies. Leidschendam: SWOV Institute for Road Safety Research. Retrieved from. <https://www.swov.nl/sites/default/files/publicaties/rapport/r-2002-12.pdf>.
- Jaeger, L., Lassarre, S., 2000. The TAG-1 model for France. In: Gaudry, M., Lassarre, S. (Eds.), *Structural Road Accident Models: The International DRAG Family*. Pergamon, Nueva York, pp. 157–184.
- Jamroz, K., 2012. The impact of road network structure and mobility on the national traffic fatality rate. *Procedia Soc. Behav. Sci.* 54, 1370–1377. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.851>.
- Kweon, Y.-J., 2015. What affects annual changes in traffic safety? A macroscopic perspective in Virginia. *J. Saf. Res.* 53, 17–21. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsr.2015.03.003>.
- Lamm, R., Choueiri, E.M., Kloeckner, J.H., 1985. Accident in the U.S. and Europe: 1970–1980. *Accid. Anal. Prev.* 17 (6), 429–438.
- López Bastida, J., Serrano Aguilar, P., Duque González, B., 2004. The economics cost of traffic accidents in Spain. *J. Trauma Inj. Infect. Crit. Care* 56 (4), 883–889. <http://dx.doi.org/10.1097/01.TA.0000069207.43004.A5>.
- McCarthy, P., 2000. The TRACS-CA model for California. In: Gaudry, M., Lassarre, S. (Eds.), *Structural Road Accident Models: The International DRAG Family*. Pergamon, Nueva York, pp. 185–204.
- Novoa, A.M., Pérez, K., Santamaría-Rubio, E., Marí-Dell'Olmo, M., Ferrando, J., Peiró, R., Tobias, A., Zori, P., Borrell, C., 2010. Impact of the penalty points system on road traffic injuries in Spain: a time-series study. *Am. J. Public Health* 100 (11), 2220–2227. <http://dx.doi.org/10.2105/AJPH.2010.192104>.
- OECD, Eurostat and UNECE, 2010. *Illustrated Glossary for Transport Statistics*, 4th edition. OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789282102947-en>.
- Peltzman, S., 1975. The effects of automobile safety regulation. *J. Political Econ.* 83 (4), 677–725.
- Plasencia, A., Cirera, E., 2003. Accidentes de tráfico: un problema de salud a la espera de una respuesta sanitaria. *Med. Clín.* 120 (10), 378–379.
- Rivas-Ruiz, F., Perera-Milla, E., Jiménez-Puente, A., 2007. Geographic variability of fatal road traffic injuries in Spain during the period 2002–2004: an ecological study. *BMC Public Health* 7, 266. <http://dx.doi.org/10.1186/1471-2458-7-266>.
- Rose, G., 1985. Sick individuals and sick populations. *Int. J. Epidemiol.* 14 (1), 32–38. <http://dx.doi.org/10.1093/ije/14.1.32>.
- Roselló, J., Saenz-de-Miera, Ó., 2011. Road accidents and tourism: the case of the Balearic Islands (Spain). *Accid. Anal. Prev.* 43, 675–683. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2010.10.011>.
- Santamaría-Rubio, E., Pérez, K., Olabarria, M., Novoa, A., 2013. Measures of exposure to road traffic injury risk. *Inj. Prev.* 19, 436–439. <http://dx.doi.org/10.1136/injuryprev-2012-040686>.
- Shen, S., Neyens, D.M., 2015. The effects of age, gender, and crash types on driver's injury-related health care costs. *Accid. Anal. Prev.* 77, 82–90. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2015.01.014>.
- Tegnér, G., Holmberg, I., Loncar-Lucassi, V., Nilsson, C., 2000. The DRAG-STOCKHOLM-2 model. In: Gaudry, M., Lassarre, S. (Eds.), *Structural Road Accident Models: The International DRAG Family*. Pergamon, Nueva York, pp. 127–156.
- Tolón-Becerra, A., Lastra-Bravo, X., Flores-Parra, I., 2013. National and regional analysis of road accidents in Spain. *Traffic Inj. Prev.* 14, 486–495. <http://dx.doi.org/10.1080/15389588.2012.726384>.
- Van den Bossche, F., Wets, G., 2003. A Structural Road Accident Model for Belgium. Retrieved from. [http://e-ajd.com/source-pdf/AJD-79%20Van%20den%20Bossche%20%20Wets%20DRAG%20%20Belgium%202003%20Steunpunt%20rapport\\_RA-2003-21.pdf](http://e-ajd.com/source-pdf/AJD-79%20Van%20den%20Bossche%20%20Wets%20DRAG%20%20Belgium%202003%20Steunpunt%20rapport_RA-2003-21.pdf).
- Wang, C., Quddus, M., Ison, S., 2009. Impact of traffic congestion on road accidents: A spatial analysis of the M25 motorway in England. *Accid. Anal. Prev.* 41, 798–808. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2009.04.002>.
- Wang, C., Quddus, M., Ison, S., 2013. The effect of traffic and road characteristics on road

- safety: a review and future research direction. *Saf. Sci.* 57, 264–275. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2013.02.012>.
- Wegman, F., Allsop, R., Antoniou, C., Bergel Hayat, R., Elvik, R., Lassarre, S., Lloyd, D., Wijnen, W., 2017. How did the economic recessions (2008–2010) influence traffic fatalities in OECD-countries? *Accid. Anal. Prev.* 102, 51–59. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2017.01.022>.
- World Health Organisation, 2004. World Report on Road Traffic Injury Prevention. Retrieved from . <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/42871/1/9241562609.pdf>.
- World Health Organisation, 2009. Global Status Report on Road Safety: Time for Action. Retrieved from . [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44122/1/9789241563840\\_eng.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44122/1/9789241563840_eng.pdf).
- World Health Organisation, 2013. Global Status Report on Road Safety 2013: Supporting a Decade of Action. Retrieved from . [http://www.who.int/violence\\_injury\\_prevention/road\\_safety\\_status/2013/report/es/](http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2013/report/es/).
- Yakovlev, P., Inden, M., 2010. Mind the weather: a panel data analysis of time-invariant factors and traffic fatalities. *Econ. Bull.* 30 (4), 2685–2696.
- Zeng, Q., Wen, H., Huang, H., Abdel-Aty, M., 2017a. A Bayesian spatial random parameters Tobit model for analyzing crash rates on roadway segments. *Accid. Anal. Prev.* 100, 37–43. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2016.12.023>.
- Zeng, Q., Wen, H., Huang, H., Pei, X., Wong, S., 2017b. A multivariate random-parameters Tobit model for analyzing highway crash rates by injury severity. *Accid. Anal. Prev.* 99, 184–191. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2016.11.018>.

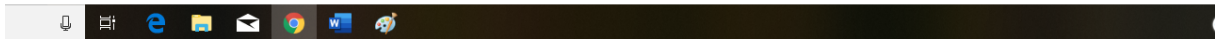


**Author Dashboard**

- 1 Submitted Manuscripts >
- Start New Submission >
- Legacy Instructions >
- 5 Most Recent E-mails >

## Submitted Manuscripts

STATUS	ID	TITLE	CREATED	SUBMITTED
ADM: <a href="#">de Oliveira, Maria do Carmo</a> ADM: <a href="#">Barbosa, Milena</a>	RSP-2019-1756	Condiciones regionales y accidentes de tráfico en las vías rurales en Chile <a href="#">View Submission</a>	20-May-2019	20-May-2019
<ul style="list-style-type: none"><li>• Awaiting AE Assignment</li><li>• Awaiting EIC Decision</li></ul>				







**Condiciones regionales y accidentes de tráfico en las vías rurales en Chile**

Journal:	<i>Revista de Saúde Pública</i>
Manuscript ID	Draft
Manuscript Type:	Original Article
Keyword – Go to <a href="http://decs.bvs.br/" target="_blank">DeCS</a> to find your keywords.:	Tasa de mortalidad, Tasa de lesividad, Accidentes de tránsito, Datos de panel, Condiciones regionales

SCHOLARONE™  
Manuscripts

## Condiciones regionales y accidentes de tráfico en las vías rurales en Chile

### Regional conditions and road traffic accidents on rural road in Chile

#### INTRODUCCIÓN

Actualmente, las muertes y lesiones originadas por los accidentes de tráfico son consideradas uno de los principales problemas de salud pública para todos los países. Un gran número de ellas se producen en países con niveles de ingresos bajos o medios, principalmente debido a la rápida motorización que experimentan. La gran repercusión de los accidentes de tráfico sobre la salud pública y el sistema económico de los países ha llevado a los estados miembros de la ONU a dedicar grandes esfuerzos a la lucha contra la siniestralidad vial. Por ello, en 2011 elaboraron un Plan Global para el Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011–2020 y en 2015 incorporaron en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible el objetivo de reducir un 50% el número de muertes y lesiones en accidentes de tráfico en 2020<sup>1</sup>.

Como país miembro de la ONU, Chile ha trabajado durante las dos últimas décadas para erradicar los accidentes de tráfico, principal causa de muerte en niños y en jóvenes de hasta 29 años. Si bien es cierto que Chile es uno de los países iberoamericanos con mejores indicadores de seguridad vial, el riesgo de morir en sus vías es muy superior al de los países de la OCDE<sup>2</sup>. En 2017, se produjeron 15.335 siniestros viales en las vías rurales chilenas, lo que ocasionó, por cada 1.000 vehículos registrados, una tasa de mortalidad de 0,228 muertos (Tabla 1) y una tasa de lesividad de 3,249 lesionados (graves, menos graves y leves en conjunto). El alcance de estas cifras, que supone reducciones del 59% y 36,5% respecto a las tasas del año 2000, está vinculado a una convergencia entre los niveles de siniestralidad vial regionales durante la primera década del siglo XXI<sup>3,4</sup>. A pesar de estas mejoras, los accidentes de tráfico aún representan un gran problema de salud pública para Chile, con desigualdades existentes entre sus regiones a pesar de la convergencia señalada.

En las últimas dos décadas, la literatura científica ha buscado identificar cuáles son los factores determinantes de la siniestralidad vial con el fin de proporcionar a los decisores políticos un diagnóstico que les sirva de ayuda para conseguir

1  
2  
3 una mejor configuración de la política vial. La multiplicidad de elementos  
4 intervinientes en los siniestros viales está asociada al gran volumen de factores  
5 incluidos en los estudios de seguridad vial. La importancia del factor humano  
6 como elemento interviniente de los siniestros viales ha servido de base para gran  
7 parte de los investigadores, preocupados por conocer el efecto sobre los  
8 indicadores de siniestralidad vial tras la implantación de diferentes medidas  
9 legislativas orientadas a controlarlo,<sup>5,6,7</sup>. Asimismo, la influencia de otros  
10 elementos diferentes ha promovido que expertos en seguridad vial examinen la  
11 relación entre accidentes de tráfico y las condiciones del parque de vehículos<sup>8,9</sup>,  
12 distintos factores ambientales tales como la calidad de la infraestructura<sup>10,11,12</sup> o  
13 las condiciones meteorológicas<sup>13,14</sup>, el nivel de desarrollo económico<sup>15,16,17</sup> y/o  
14 condiciones económicas<sup>14,18</sup> o las características sociodemográficas<sup>19,20,21,22</sup>.

24 Esta investigación tuvo dos objetivos. El primero, determinar el efecto de  
25 diversos factores sobre las tasas de mortalidad y/o lesividad en Chile en el  
26 período 2000-2017. El segundo, obtener las tasas de mortalidad y/o lesividad de  
27 cada una de las regiones de Chile originadas por sus características específicas.  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35

## 36 MÉTODOS

37  
38 En el modelo empírico se incluyeron datos de todas las regiones de Chile para  
39 el período 2000-2017. Aunque la modificación de la división administrativa en  
40 2007 dividió el país en 15 regiones, en la investigación la región de Tarapacá  
41 incluyó al territorio de Arica y Parinacota y la región de Los Lagos integró los  
42 territorios de Los Ríos, con el fin de disponer de observaciones para todo el  
43 período definido, por lo que la base de datos estuvo compuesta por 234  
44 observaciones para cada una de las variables.  
45  
46  
47  
48  
49

50  
51 Se desarrolló un modelo de datos de panel con efectos fijos con la siguiente  
52 expresión para la región  $i$  durante el período  $t$ :  
53  
54  
55

$$56 y_{it} = \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \dots + \beta_K X_{kit} + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

57  
58  
59  
60

1  
2  
3 Donde  $y_{it}$  fue la tasa de mortalidad o de lesividad para la región  $i$  en el año  $t$ ,  $X_{kit}$   
4 representaron las variables independientes,  $\mu_i$  fueron los interceptos específicos  
5 de cada región y finalmente  $\varepsilon_{it}$  fue el término del error. Con la aplicación de esta  
6 técnica econométrica no solo se pudo conocer el efecto de los determinantes  
7 seleccionados, sino también las tasas de mortalidad y/o lesividad regionales  
8 ocasionadas por sus características específicas.  
9

10  
11  
12 Se estimaron cuatro modelos de datos de panel a través de efectos fijos en base  
13 a los resultados de la prueba de restricciones sobreidentificadas. Para corregir  
14 los diferentes problemas encontrados en cada modelo (autocorrelación,  
15 heterocedasticidad y/o correlación contemporánea) se utilizaron Errores  
16 Estándar Corregidos para Panel (Panel Corrected Standard Errors). Con un VIF  
17 conjunto de 2,81 e individuales inferiores a 10, no existieron problemas de  
18 multicolinealidad. Omitiendo la constante, se incluyeron 13 variables dummy que  
19 permitieron capturar los efectos fijos regionales, es decir, el nivel de siniestralidad  
20 (tasas de mortalidad y/o lesividad) ocasionado por sus condiciones propias  
21 invariantes en el tiempo.  
22  
23

24  
25 La definición de las variables incorporadas, así como los estadísticos  
26 descriptivos básicos se incluyen en la Tabla 2. Los indicadores de siniestralidad  
27 vial escogidos como variables dependientes de cada uno de los modelos  
28 estimados fueron las tasas de mortalidad o lesividad en vías interurbanas o  
29 rurales, diferenciadas estas últimas en función de la clasificación del tipo de  
30 víctimas fijada por la Comisión Nacional de Seguridad del Tránsito. Las  
31 autoridades chilenas reportan el número de muertos a 24 horas, por lo que esta  
32 variable fue ajustada a la definición de muerto a 30 días establecida en la  
33 Convención de Viena, aplicando el factor de corrección<sup>23</sup> recomendado por la  
34 ECMT (European Conference of Ministers of Transport). Los heridos o  
35 lesionados se distinguieron en función del tiempo de recuperación: grave (más  
36 de 30 días), menos grave (entre 15 y 30 días) y leve (menos de 15 días). La  
37 expresión de las tasas utilizando el número de vehículos registrados en cada  
38 región permitió mitigar el efecto distorsionador del diferente nivel de exposición  
39 de las regiones chilenas y, aunque es cierto que el número de vehículos  
40 registrados no constituye en sí una medida de exposición, se considera una  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

1  
2  
3 medida alternativa al número de vehículo-kilómetros recorridos en las vías  
4 interurbanas (mejor indicador de exposición)<sup>24</sup>.

5  
6  
7 En base al marco conceptual revisado, se incorporaron diferentes factores  
8 relacionados con los accidentes de tráfico. En primer lugar, se examinó el efecto  
9 en la siniestralidad vial de cambios legislativos orientados a controlar al factor  
10 humano a través de dos variables dummy. La primera de ellas se asoció a la  
11 reforma de la ley en 2005, fundamentada en un endurecimiento frente al uso del  
12 teléfono móvil durante la conducción, regulación del uso del cinturón de  
13 seguridad o el traslado de niños menores de 8 años, entre otros<sup>3,4</sup>. Se codificó  
14 con valor 0 en el período 2000-2005 y con valor 1 en 2006-2017. La segunda  
15 variable dummy, codificada con valor 1 en 2012-2017 y 0 en el resto de los años  
16 del período de estudio, fue incluida para evaluar el impacto de la reducción de  
17 los límites de alcohol en sangre establecidos con la Ley de Tolerancia Cero,  
18 promulgada en el año 2012<sup>26,27</sup>.

19  
20  
21 En segundo lugar, las condiciones sociales y/o sociodemográficas de cada  
22 región fueron introducidas en los modelos a través de las variables “tasa de  
23 motorización”<sup>10,19</sup> y “variación anual de la densidad de población”<sup>20,21</sup>. Debido a  
24 la multicolinealidad producida por el factor densidad de población fue necesario  
25 aplicar primeras diferencias para evitar dicho problema, si bien su interpretación  
26 es similar a la variable original. Además, los modelos incorporaron la tasa de  
27 desocupación<sup>17,18</sup> y las precipitaciones caídas<sup>13</sup> en cada región para examinar la  
28 relación de las condiciones económicas y climatológicas regionales  
29 respectivamente.

30  
31  
32 En tercer y último lugar, los modelos examinaron la relación entre la calidad de  
33 la infraestructura y las tasas de mortalidad o lesividad a través de cuatro factores:  
34 la proporción de vías sin pavimentar, la variación anual de la proporción de vías  
35 de alta capacidad<sup>10,12</sup> (vías de doble calzada), la inversión en reposición por  
36 kilómetro de vía rural<sup>25</sup> y la inversión en construcción por kilómetro de vía rural<sup>25</sup>.  
37 La multicolinealidad producida por la proporción de vías de alta capacidad obligó  
38 a aplicar a la variable original primeras diferencias, interpretándose de manera  
39 similar. Ambas inversiones fueron expresadas en miles de pesos chilenos de  
40 2017 utilizando el índice de precios al consumo. La inversión en reposición  
41 estuvo conformada por las inversiones en reposición, mejoramiento, reparación,  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

1  
2  
3 conservación y habilitación, realizadas por la Dirección de Vialidad, y la inversión  
4 en construcción por las ejecutadas en este mismo organismo en construcción y  
5 ampliación. Finalmente, se incluyeron la inversión en reposición y en  
6 construcción retardadas un período con el propósito de averiguar su efecto en  
7 los riesgos de mortalidad y de lesividad<sup>25</sup>.  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16

## 17 RESULTADOS

18 Como se ha señalado previamente, los objetivos que se perseguían con esta  
19 investigación fueron: averiguar el efecto de diferentes factores en los riesgos de  
20 mortalidad y de lesividad en Chile en el periodo comprendido entre 2000-2017 y  
21 cuantificar los riesgos de mortalidad y de lesividad de las regiones chilenas  
22 ocasionadas por sus condiciones específicas.  
23  
24  
25  
26

27 Todos los modelos estimados presentaron buena significación conjunta de las  
28 variables en base al test de Wald y al R-cuadrado, con valores superiores a 0,94  
29 (Tabla 3). La inclusión de efectos fijos se hizo necesaria considerando los valores  
30 arrojados por los modelos sin incluir efectos fijos regionales (el R-cuadrado de  
31 todos ellos es muy inferior a los modelos presentados). Además, se aplicó el test  
32 para comprobar si dichos efectos fijos regionales eran necesarios, revelando la  
33 prueba Chi<sup>2</sup> en los cuatro modelos que todos los coeficientes regionales fueron  
34 conjuntamente distintos de 0.  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41

42 En relación con el primer objetivo, los resultados evidenciaron que la variación  
43 anual de la densidad de población y la reforma de la Ley de Tránsito fueron los  
44 factores que mayores reducciones ocasionaron de los riesgos de mortalidad (-  
45 0,2843, p = 0,000; -0,1411, p = 0,002), lesividad grave (-0,6300, p = 0,000; -  
46 0,2367, p = 0,000) y lesividad menos grave (-0,4776, p = 0,000; -0,1599, p =  
47 0,025). La tasa de desocupación fue un determinante con gran incidencia  
48 negativa sobre el riesgo de lesividad leve (-0,1261, p = 0,005). Las estimaciones  
49 demostraron un efecto mixto de la proporción de vías sin pavimentar (ripió y  
50 tierra). Mientras que los coeficientes asociados al riesgo de lesividad grave  
51 (0,0120, p = 0,001) y lesividad menos grave (0,0070, p = 0,020) fueron positivos,  
52 el coeficiente para el riesgo de lesividad leve fue negativo (-0,0406, p = 0,021).  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

1  
2  
3 Finalmente, la escasa efectividad mostrada por la inversión en construcción por  
4 kilómetro de vía rural en el año en curso para aminorar el riesgo de lesividad  
5 grave (-0,00004,  $p = 0,085$ ) se vio compensada por la inversión en construcción  
6 realizada el año anterior en heridos graves (0,00005,  $p = 0,026$ ) y heridos leves  
7 (0,00024,  $p = 0,037$ )  
8  
9

10  
11  
12 Respecto al segundo objetivo, el test que determinó que los coeficientes  
13 asociados a las variables dummy fueron distintos de 0 confirmó la necesidad de  
14 incorporar los efectos fijos regionales. La inclusión de estos evidenció que la  
15 Región Metropolitana, Libertador General Bernardo O'Higgins y El Maule  
16 presentaron riesgos de mortalidad ( $> 1,433$ ) y lesividad menos grave ( $>1,478$ )  
17 superiores al resto de regiones, por lo que sus condiciones propias ocasionaron  
18 un mayor riesgo de fallecer o sufrir heridas menos graves en sus vías que en  
19 otras regiones. Asimismo, mientras dichas características propias propiciaron  
20 una tasa de lesividad grave mayor ( $> 1,921$ ) en las dos primeras regiones, las de  
21 la región del Maule repercutieron en mayor medida en su riesgo de lesividad leve  
22 ( $> 13,109$ ). Por el contrario, las condiciones específicas de las regiones de  
23 Antofagasta y Magallanes y la Antártica de Chile incidieron en menor medida  
24 sobre su riesgo de lesividad grave ( $\leq 1,341$ ) y menos grave ( $\leq 1,209$ ).  
25 Finalmente, características similares de las regiones del sur (Los Ríos, Los  
26 Lagos, Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo y Magallanes y Antártica  
27 Chilena) incidieron positivamente en términos de seguridad vial en sus riesgos  
28 de mortalidad ( $\leq 1,163$ ).  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46

## 47 DISCUSIÓN

48  
49 Esta investigación constituye un importante ejercicio de análisis de los factores  
50 explicativos de los riesgos de mortalidad y lesividad en Chile en el período 2000-  
51 2017. Los coeficientes negativos estadísticamente significativos de la variable  
52 "Ley de Tránsito" confirman que la reforma de la ley vial a finales de 2005 ha sido  
53 efectiva para reducir los riesgos de mortalidad y lesividad grave y menos grave.  
54 Estos hallazgos se sitúan en línea con las estimaciones de otras  
55 investigaciones<sup>3,4</sup> que destacan que su combinación con el control policial ha  
56  
57  
58  
59  
60

1  
2  
3 sido la clave de su éxito. En ninguno de los modelos los coeficientes negativos  
4 de la “Ley de Tolerancia Cero” alcanzan la significación estadística deseada<sup>27</sup>.  
5  
6

7 La seguridad vial en Chile se ve beneficiada por los factores sociales o  
8 sociodemográficos. El coeficiente negativo estadísticamente significativo de la  
9 tasa de motorización en todos los modelos<sup>5,10</sup> indica el predominio del efecto  
10 positivo para la seguridad vial de un mayor nivel de desarrollo del transporte,  
11 mejores infraestructuras o políticas viales más efectivas sobre el efecto de mayor  
12 exposición por un mayor número de vehículos per cápita. La relación negativa  
13 estadísticamente significativa de la variación anual de la densidad de  
14 población<sup>20,21,22</sup> en tres de los modelos permite afirmar que las regiones con  
15 mayores densidades de población probablemente dispongan de un mayor  
16 desarrollo de la infraestructura y mejores sistemas de transporte público por la  
17 mayor demanda<sup>25</sup>.  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25

26 La seguridad vial en Chile puede verse mejorada en condiciones económicas  
27 desfavorables (mayor tasa de desocupación), en línea con lo encontrado por  
28 gran parte de la literatura científica<sup>10,11,18</sup>. Con esta relación se puede intuir, de  
29 manera indirecta, qué impacto tiene el nivel de tráfico como factor de riesgo en  
30 la siniestralidad de las vías rurales en Chile, ya que en situaciones de recesión  
31 económica el número de kilómetros recorridos se ve reducido<sup>28</sup>. La diversidad  
32 climatológica de las regiones chilenas incide de forma diferente en los riesgos  
33 definidos, aunque únicamente el coeficiente negativo respecto a la tasa de  
34 lesividad leve alcanza un nivel adecuado de significación estadística<sup>14</sup>,  
35 probablemente originado por una conducción más cautelosa con mayor volumen  
36 de precipitaciones<sup>13</sup>.  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45

46 Los modelos estimados advierten de un efecto mixto de la calidad de la  
47 infraestructura dependiendo del factor de control escogido para medirla. El  
48 coeficiente positivo estadísticamente significativo asociado a los riesgos de  
49 lesividad grave o menos grave, en línea con los resultados de otras  
50 investigaciones<sup>29</sup>, contrasta con la reducción del riesgo de lesividad leve. Las  
51 estimaciones de esta investigación cuestionan la efectividad del esfuerzo  
52 inversor en nueva construcción o en reposición de vías rurales, en base al  
53 coeficiente positivo estadísticamente significativo de la inversión en reposición  
54 por kilómetro de vía respecto a la tasa de lesividad grave. Además, los beneficios  
55  
56  
57  
58  
59  
60

1  
2  
3 en términos de seguridad vial conseguidos con la inversión en construcción del  
4 año en curso<sup>11,25</sup> se ve compensado por el efecto negativo de lo invertido en  
5 nuevas vías el año previo, produciéndose el denominado “efecto Peltzman”:  
6 nuevas inversiones pueden asociarse a mayores velocidades asumidas por la  
7 calidad de la infraestructura, lo que tiene un efecto contrario al deseado<sup>25</sup>.  
8  
9

10  
11  
12 Las distribuciones geográficas de los riesgos indican que las características de  
13 cada región en Chile deben ser consideradas un factor más influyente en los  
14 riesgos de mortalidad y lesividad en accidentes en vías rurales, lo que se sitúa  
15 en línea con los hallazgos obtenidos en otras investigaciones similares para otros  
16 países<sup>25</sup>. En las figuras 1 y 2 se advierte un patrón semejante de los riesgos  
17 definidos, con pequeñas diferencias: en riesgo de fallecer o sufrir lesiones en  
18 accidentes de tráfico en vías rurales es superior en las regiones de Atacama,  
19 Valparaíso, Metropolitana, O’Higgins, Maule y La Araucanía.  
20  
21

22  
23 El primer factor común que puede explicar ese patrón puede ser la disparidad en  
24 el volumen de tráfico en sus vías rurales. La imposibilidad de utilizar en los  
25 modelos el número de vehículos-kilómetros recorridos como variable de control  
26 y como factor de ajuste de las variables dependientes conduce a pensar que el  
27 nivel de tráfico en sus vías y la composición de este puede aumentar el riesgo  
28 de mortalidad o lesividad por accidentes de tráfico. Estas regiones aglutinan  
29 cerca del 70% de la población de Chile, por lo que el nivel de desplazamientos  
30 en ellas y entre ellas probablemente sea superior al resto de regiones.  
31  
32

33  
34 La caracterización de sus estructuras sectoriales tiene implicaciones importantes  
35 sobre las tasas definidas. La gran actividad en los puertos exportadores de  
36 Valparaíso y San Antonio (Región de Valparaíso) y en los principales corredores  
37 de transporte de productos de la industria maderera (El Maule o La Araucanía)  
38 o frutícolas (Valparaíso, Metropolitana, O’Higgins) está asociada a un tráfico de  
39 vehículos más pesado, lo que no sólo repercute en el riesgo de accidentes sino  
40 también en el estado del pavimento de las vías. Asimismo, el gran atractivo  
41 turístico de algunas de estas regiones puede influir sobre el volumen de tráfico  
42 soportado por sus vías rurales.  
43  
44

45  
46 Un segundo factor determinante de la distribución de los riesgos definidos  
47 respecto a la Región Metropolitana es su condición de capital: diariamente se  
48 produce una mayor cantidad de desplazamientos por motivos de trabajo, por lo  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

1  
2  
3 que sus vías rurales albergan la mayor proporción de accidentes laborales en  
4 Chile.  
5

6  
7 Por último, en las regiones de O'Higgins, El Maule y La Araucanía existe alta  
8 ruralidad (proporción de población en ciudades pequeñas), por lo que las  
9 alternativas de transporte público pueden ser más limitadas que en aquellas  
10 regiones con una menor proporción de población rural.  
11  
12

13  
14 La distribución geográfica obtenida del riesgo de mortalidad y de los diferentes  
15 riesgos de lesividad definidos suponen una contribución novedosa a la literatura  
16 científica internacional, sentando las bases para futuras investigaciones  
17 similares aplicadas a distintas poblaciones de estudio. Por ello, los hallazgos  
18 alcanzados deben ayudar a los decisores políticos en su tarea de conseguir la  
19 mejor configuración de la política vial para intentar mitigar las consecuencias de  
20 los accidentes viales mediante su erradicación.  
21  
22

23  
24 Si bien las estimaciones obtenidas asociadas a los objetivos definidos son  
25 reveladoras para la literatura científica y los decisores políticos, deben señalarse  
26 algunas limitaciones. Primero, la modificación de la división administrativa en  
27 2007 impide examinar el riesgo de las regiones de Tarapacá, Arica y Parinacota,  
28 Los Lagos y Los Ríos de forma separada, lo que supondría una estimación de la  
29 siniestralidad vial regional más aproximada a la realidad. Segundo, la  
30 imposibilidad de regionalizar e incorporar las inversiones realizadas por las  
31 concesionarias en las autopistas produce una infravaloración de las inversiones  
32 en reposición y construcción. Así, aunque gran parte de las inversiones en  
33 reposición y construcción se ejecutan en vías rurales, algunas de ellas pueden  
34 asociarse a vías urbanas, compensándose en cierta manera dicha  
35 infravaloración. Tercero, los cambios metodológicos en la serie del IPC y la  
36 variable "tasa de paro" dentro del período definido conducen a una interpretación  
37 de los resultados con cautela. Cuarto, el uso del número de vehículos como  
38 medida de exposición para definir las variables dependientes produce resultados  
39 más limitados que si se utilizaran indicadores como el número de kilómetros  
40 recorridos en las vías rurales, considerado más aproximado al riesgo de  
41 exposición para los diferentes tipos de víctimas.  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56

57  
58 A pesar de las limitaciones señaladas, los resultados de esta investigación  
59 ayudan a comprender que los accidentes de tráfico son un problema de salud  
60

1  
2  
3 pública complejo debido principalmente a la multitud de factores o variables que  
4 inciden en ellos. Por ello, es necesario que Chile dedique parte de sus esfuerzos  
5 a tratar de advertir qué factores determinantes pueden explicar sus tasas de  
6 mortalidad o lesividad en accidentes viales. Además, es conveniente que las  
7 autoridades chilenas encargadas de la política vial sean conscientes de que los  
8 siniestros viales son un problema con una gran desigualdad interterritorial, en el  
9 que las características específicas o propias de sus regiones juegan un papel  
10 fundamental, erigiéndose como herramientas esenciales en su lucha contra la  
11 siniestralidad vial. Por ello, es imprescindible para Chile seguir en el camino de  
12 la investigación científica para conseguir un nivel más preciso del conocimiento  
13 del impacto de los factores determinantes de los accidentes de tráfico y de las  
14 condiciones específicas de sus regiones o provincias en el riesgo de fallecer o  
15 sufrir lesiones en accidentes viales.  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

## REFERENCIAS

1. World Health Organization. Global status report on road safety 2015. Geneva: World Health Organization; 2015. Disponible en: [http://www.who.int/violence\\_injury\\_prevention/road\\_safety\\_status/2015/en/](http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/en/)
2. Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito. Política Nacional de Seguridad del Tránsito 2017. Santiago de Chile: Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito. Disponible en: [https://www.conaset.cl/wp-content/uploads/2017/12/POL%C3%8DTICA-NACIONAL-DE-SEGURIDAD-DE-TR%C3%81NSITO-2017\\_versi%C3%B3n-web.pdf](https://www.conaset.cl/wp-content/uploads/2017/12/POL%C3%8DTICA-NACIONAL-DE-SEGURIDAD-DE-TR%C3%81NSITO-2017_versi%C3%B3n-web.pdf)
3. Nazif-Muñoz JI, Quesnel-Vallée A, Van den Berg A. Explaining Chile's Traffic Fatality an Injury Reduction for 2000-2012. *Traffic Inj Prev.* 2014; 15: S56-S63. DOI: 10.1080/15389588.2014.939270
4. Nazif-Muñoz JI, Quesnel-Vallée A, Van den Berg A. Did Chile's traffic law reform push police enforcement? Understanding Chile's traffic fatalities and injuries reduction. *Inv Prev.* 2015; 21(3): 159-165. DOI: 10.1136/injuryprev-2014-041358
5. Albalate D. Lowering blood alcohol content levels to save lives: The European experience. *J Policy Anal Manage.* 2008; 27(1): 20-39. DOI: 10.1002/pam.20305
6. Castillo-Manzano JI, Castro-Nuño M. Driving licenses based on points systems: Efficient road safety strategy or latest fashion in global transport policy? A worldwide meta-analysis. *Transp Policy.* 2012; 21: 191-201. DOI: 10.1016/j.tranpol.2012.02.003
7. Novoa AM, Pérez K, Santamariña-Rubio E, Marí-Dell'Olmo M, Ferrando J, Peiró R et al. Impact of the Penalty Points System on Road Traffic Injuries in Spain: A Time-Series Study. *Am J Public Health.* 2010; 100(11): 2220-2227. DOI: 10.2105/AJPH.2010.192104
8. Aparicio Izquierdo F, Arenas Ramírez B, Bernardos Rodríguez E. The interurban DRAG-Spain model: The main factors of influence on road accidents in Spain. *Research in Transportation Economics.* 2013; 37: 57-65. DOI: 10.1016/j.retrec.2011.08.011
9. Blows S, Ivers R Q, Woodward M, Connor J, Ameratunga S, Norton R. Vehicle year and the risk of car crash injury. *Inj Prev.* 2003; 9(4): 353-356. DOI: 10.1136/ip.9.4.353
10. Albalate D, Bel G. Motorways, tolls and road safety: evidence from Europe. *SERIEs.* 2012; 3(4): 457- 473. DOI:10.1007/s13209-011-0071-6

- 1  
2  
3 11. Albalate D, Fernández L, Yarygina A. The road against fatalities: Infrastructure  
4 spending vs. regulation?? *Accid Anal Prev.* 2013; 59: 227-239. DOI:  
5 10.1016/j.aap.2013.06.008  
6  
7
- 8 12. Rivas-Ruiz F, Perea-Milla E, Jiménez-Puente A. Geographic variability of fatal road  
9 traffic injuries in Spain during the period 2002-2004: an ecological study. *BMC Public*  
10 *Health.* 2007; 7: 266. DOI: 10.1186/1471-2458-7-266  
11  
12
- 13 13. Eisenberg D. The mixed effects on precipitation on traffic crashes. *Accid Anal Prev.*  
14 2004; 36(4): 637-647. DOI:10.1016/S0001-4575(03)00085-X  
15  
16
- 17 14. Nguyen-Hoang P, Yeung R. (2014). Dollars for lives: The effect of highway capital  
18 investments on traffic fatalities. *J Safety Res.* 2014; 51: 109-115.  
19 DOI:10.1016/j.jsr.2014.09.008  
20  
21
- 22 15. Castillo-Manzano JI, Castro-Nuño M, Fageda X. Exploring the relationship between  
23 truck load capacity and traffic accidents in the European Union. *Transportation*  
24 *Research Part E.* 2016; 88: 94-109. DOI:10.1016/j.tre.2016.02.003  
25  
26
- 27 16. Kopits E, Cropper M. Traffic fatalities and economic growth. *Accid Anal Prev.* 2005;  
28 37: 169-178. DOI:10.1016/j.aap.2004.04.006  
29  
30
- 31 17. Traynor TL. Regional economic conditions and crash fatality rates - a cross-country  
32 analysis. *J Safety Res.* 2008; 39: 33-39. DOI:10.1016/j.jsr.2007.10.008  
33  
34
- 35 18. Elvik R. An analysis of the relationship between economic performance and the  
36 development of road safety. In: ITF, IRTAD. *Why Does Road Safety Improve When*  
37 *Economic Times are Hard?* París; 2015. p. 43-142  
38  
39
- 40 19. Castillo-Manzano JI, Castro-Nuño M, Fageda X. Are traffic violators criminals?  
41 Searching for answers in the experiences of European countries. *Transp Policy.*  
42 2015; 38: 86-94. DOI:10.1016/j.tranpol.2014.12.003  
43  
44
- 45 20. Eksler V, Lassarre S, Thomas I. Regional analysis of road mortality in Europe. *Public*  
46 *Health.* 2008; 122(9): 826-837. DOI:10.1016/j.puhe.2007.10.003  
47  
48
- 49 21. Noland RB, Adediji Y. Are estimates of crash modification factors mis-specified?  
50 *Accid Anal Prev.* 2018; 118: 29-37. DOI:10.1016/j.aap.2018.05.017  
51  
52
- 53 22. Noland RB, Quddus MA. A spatially disaggregate analysis of road casualties in  
54 England. *Accid Anal Prev.* 2004; 36: 973-984. DOI:10.1016/j.aap.2003.11.001  
55  
56
- 57 23. Jacobs G, Aeron-Thomas A, Astrop A. Estimating global road fatalities. 2000.  
58 Disponible en:  
59  
60

1  
2  
3 [http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.174.5207&rep=rep1&typ](http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.174.5207&rep=rep1&type=pdf)  
4 [e=pdf](http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.174.5207&rep=rep1&type=pdf)  
5

- 6  
7 24. Papadimitriou E, Yannis G, Bijleveld F, Cardoso JL. Exposure data and risk  
8 indicators for safety performance assessment in Europe. *Accid Anal Prev.* 2013. 60:  
9 371-383. DOI: 10.1016/j.aap.2013.04.040  
10  
11 25. Sánchez MP, Escribano F, Tejada A. Impact of provincial characteristics on the  
12 number of traffic accident victims on interurban roads in Spain. *Accid Anal Prev.*  
13 2018; 118: 178-189 DOI: 10.1016/j.aap.2018.02.015  
14  
15 26. Nistral-Nuño B. Segmented regression analysis of interrupted time series data to  
16 assess outcomes of a South American road traffic alcohol policy change. *Public*  
17 *Health.* 2017;150: 51-59. DOI: 10.1016/j.puhe.2017.04.025  
18  
19 27. Otero S, Rau T. The effects of drinking and driving laws on car crashes, injuries, and  
20 deaths: Evidence from Chile. *Accid Anal Prev.* 2017; 106: 262-274. DOI:  
21 10.1016/j.aap.2017.05.031  
22  
23 28. Yannis G, Papadimitriou E, Folla K. Effect of GDP changes on road traffic fatalities.  
24 *Saf Sci.* 2014; 63: 42-49. DOI: 10.1016/j.ssci.2013.10.017  
25  
26 29. Ackaah W, Aidoo E, Adams C. SM 02-2008 Factors influencing road traffic crashes  
27 on unpaved roads. *Inj Prev.* 2018; 24: A263.  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

## TABLAS

Tabla 1. Principales indicadores de siniestralidad vial en vías rurales en 2000-2017

	2000	2017	Variación 2000/2017
Fallecidos <sup>1</sup>	1.183	1.183	0%
Heridos graves	2.358	2.518	↑7%
Heridos menos graves	1.690	1.449	↓14%
Heridos leves	6.895	12.899	↑87%
Tasa de fallecidos <sup>1</sup> por 1000 vehículos	0,556	0,228	↓59%
Tasa de heridos graves por 1000 vehículos	1,108	0,485	↓56%
Tasa de heridos menos graves por 1000 vehículos	0,795	0,279	↓65%
Tasa de heridos leves por 1000 vehículos	3,215	2,485	↓22%

<sup>1</sup> Ajustados a la definición del Convenio de Viena

Tabla 2. Descripción y estadísticos de las variables usadas

Variable	Descripción	Media	Desviación típica
Variables dependientes			
Riesgo de mortalidad	Número de fallecidos por 1000 vehículos	0,576	0,331
Riesgo de lesividad grave	Número de heridos graves por 1000 vehículos	1,105	0,584
Riesgo de lesividad menos grave	Número de heridos menos graves por 1000 vehículos	0,740	0,460
Riesgo de lesividad leve	Número de heridos leves por 1000 vehículos	4,351	2,021
Variables independientes			
Ley de Tránsito	Variable dummy con valor 1 en el período de aplicación de la reforma de la Ley de Tránsito de 2005 y 0 en los años restante del período	0,667	0,472
Ley Tolerancia Cero	Variable dummy con valor 1 en el período de aplicación de los nuevos límites de alcohol en sangre y 0 en los años restantes del período	0,333	0,472
Motorización	Número de vehículos registrados por 1000 habitantes	209,627	73,363
Variación anual de la densidad de población	Variación anual en el número de habitantes por kilómetro cuadrado	0,576	1,127
Tasa de desocupación	Porcentaje de personas desocupadas en relación con la población activa	7,523	2,606
Precipitaciones	Volumen total de precipitaciones en milímetros	504,346	473,779
Proporción de vías sin pavimentar	Porcentaje de vías rurales cuyo pavimento es de ripio o tierra respecto al total de kilómetros de vías rurales	63,817	18,819
Variación anual de la proporción de vías de alta capacidad	Variación anual del porcentaje de vías con doble calzada respecto al total de kilómetros de vías rurales	0,103	0,707
Inversión en reposición por kilómetro de vía	Inversión en reposición en vías rurales expresada en miles de pesos chilenos constantes / kilómetro de vía rural	8.686,757	6.307,665
Inversión en construcción por kilómetro de vía	Inversión en construcción en vías rurales expresada en miles de pesos chilenos constantes / kilómetro de vía rural	836,310	891,771

Tabla 3. Resultados de las estimaciones (efectos fijos corregidos con errores estándar corregidos para panel, PCSE)

	Riesgo de muerte	Riesgo de lesividad grave	Riesgo de lesividad menos grave	Riesgo de lesividad leve
Ley de Tránsito	-0,1411* (0,002)	-0,2367* (0,000)	-0,1599* (0,025)	-0,3305 (0,180)
Ley Tolerancia Cero	-0,0336 (0,511)	-0,0122 (0,862)	0,0236 (0,778)	-0,2175 (0,393)
Tasa de motorización	-0,0022* (0,000)	-0,0033* (0,000)	-0,0035* (0,000)	-0,0154* (0,000)
Variación anual densidad de población	-0,2843* (0,000)	-0,6300* (0,000)	-0,4776* (0,000)	-0,2173 (0,450)
Tasa de desocupación	-0,0258* (0,003)	-0,0322* (0,002)	-0,0147 (0,125)	-0,1261* (0,005)
Precipitaciones	0,00020 (0,106)	-0,00008 (0,471)	-0,00001 (0,934)	-0,00099* (0,001)
Proporción de vías sin pavimentar	0,0006 (0,783)	0,0120* (0,001)	0,0070* (0,020)	-0,0406* (0,021)
Variación anual proporción vías alta capacidad	0,0021 (0,801)	0,0077 (0,537)	0,0037 (0,700)	0,0016 (0,958)
Inversión en reposición por kilómetro de vía rural	2,39E-06 (0,370)	6,04E-06** (0,090)	-3,67E-07 (0,936)	-4,93E-06 (0,733)
Inversión construcción por kilómetro de vía rural	-0,00002 (0,276)	-0,00004** (0,085)	-0,00002 (0,597)	0,00010 (0,349)
Inversión reposición por kilómetro de vía rural (retardada 1 período)	-1,29E-06 (0,605)	-4,49E-08 (0,989)	5,88E-06 (0,190)	-0,00001 (0,353)
Inversión construcción por kilómetro de vía rural (retardada 1 período)	9,69E-06 (0,639)	0,00005* (0,026)	0,00002 (0,599)	0,00024* (0,037)
R <sup>2</sup>	0,9555	0,9721	0,9461	0,9521
R <sup>2</sup> sin efectos fijos regionales	0,6712	0,7203	0,7008	0,6301
Efectos fijos región	Sí	Sí	Sí	Sí
Wald chi2	25.524,71	8.858,31	11.560,58	6.297,78
Prob > chi2	0,000	0,000	0,000	0,000

Notas: El p-valor está expresado en paréntesis; \*estadísticamente significativo al 5%

\*\* estadísticamente significativo al 10%

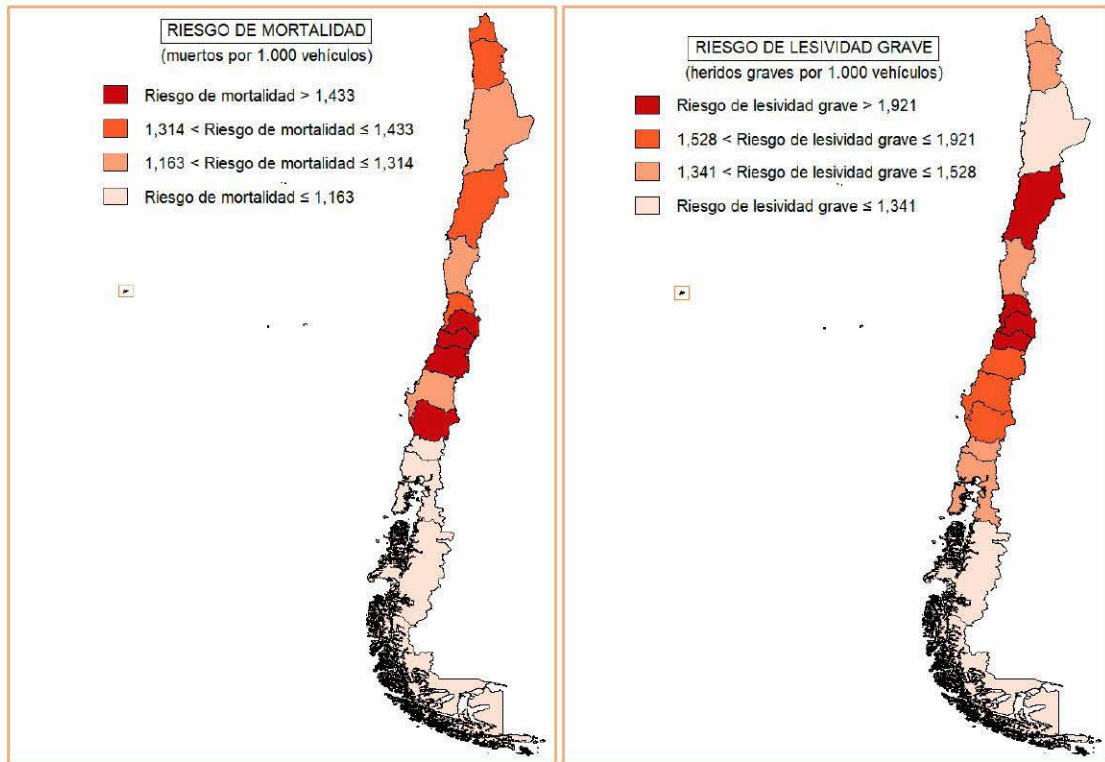


Figura 1. Riesgos de mortalidad y de lesividad grave debido a las características específicas de cada región

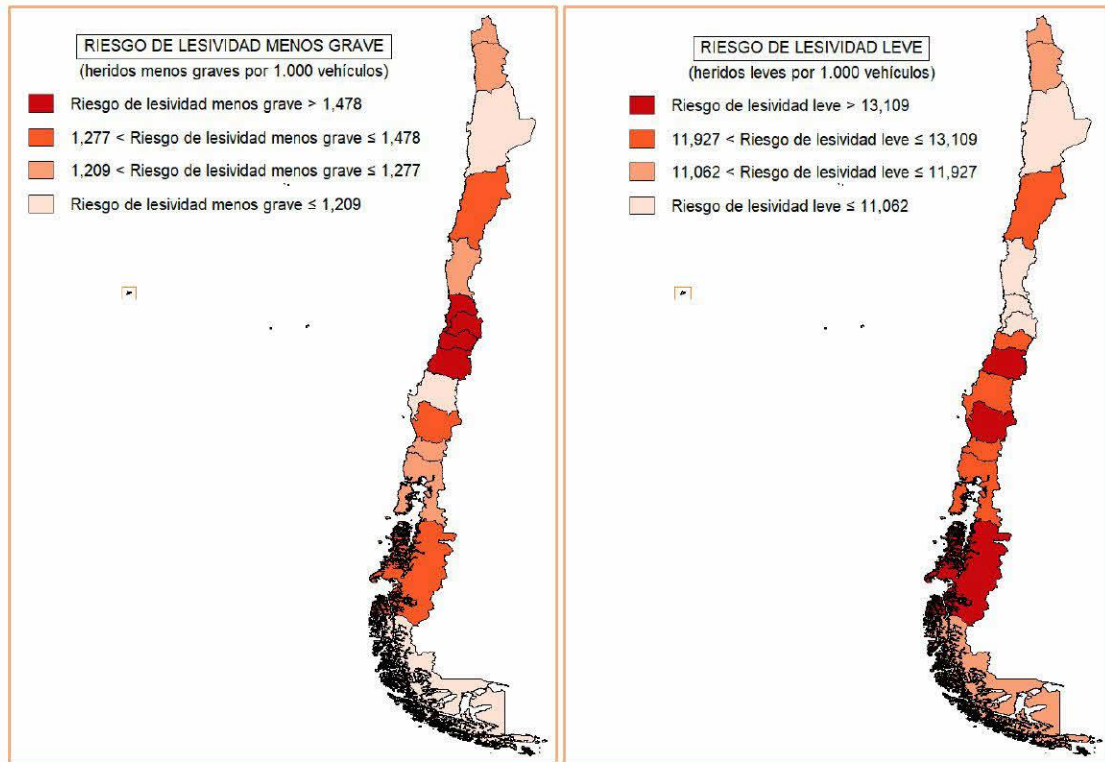


Figura 2. Riesgos de lesividad menos grave y de lesividad leve debido a las características específicas de cada región



## PUBLICACIONES REFERENTES AL CAPÍTULO

III





## **Maria Pilar Sanchez Gonzalez**

---

**De:** Accident Analysis and Prevention <Evisesupport@elsevier.com>  
**Enviado el:** miércoles, 19 de diciembre de 2018 16:36  
**Para:** Maria Pilar Sanchez Gonzalez  
**Asunto:** Track your co-authored submission to Accident Analysis and Prevention

Dear Professor Sánchez González,

Submission no: AAP\_2018\_704  
Submission title: Interregional inequality and road accident rates in Spain  
Corresponding author: Dr. Francisco Escribano  
Listed co-author(s): Professor María Pilar Sánchez González, Mr. Ángel Tejada Ponce

Dr. Escribano has submitted a manuscript to Accident Analysis and Prevention and listed you as a co-author. This email is to let you know we will be in contact with updates at each decision stage of the submission process.

The link below takes you to a webpage where you can sign in to our submission system using your existing Elsevier profile credentials or register to create a new profile. You will then have the opportunity to tailor these updates and view reviewer and editor comments once they become available.

[http://www.evise.com/profile/api/navigate/AAP?resourceUrl=%2Fco-author%2F%3Fdgcid%3Dinvite\\_email\\_coauthoroutreach00014575%23%2FAAP%2Fsubmission%2FAAP\\_2018\\_704](http://www.evise.com/profile/api/navigate/AAP?resourceUrl=%2Fco-author%2F%3Fdgcid%3Dinvite_email_coauthoroutreach00014575%23%2FAAP%2Fsubmission%2FAAP_2018_704)

If you are not a co-author of this manuscript, please contact Researcher Support at: <https://service.elsevier.com>

Thank you very much for your submission and we will be in touch as soon as we have any news to share.

Accident Analysis and Prevention

If you do not wish to receive further update emails on your co-authored submission, you can unsubscribe via this link:

<http://www.evise.com/co-author/#/AAP/unsubscribe/mpilar.sanchez@uclm.es/Eq7fMG27G8W2irPtplAGyuDJFMh40ziOKNvY-UZBw3fhJttEZ54xStq3H5QQGngoQxOXdt5Aa807xsBKG599LQ>



## My Author Tasks

[Start New Submission](#)

[Click here](#) to view your submissions with a final decision

## My Submissions with Journal (1)

[Interregional inequality and road accident rates in Spain](#)

AAP\_2018\_704

**Associate Editor:** Tova Rosenbloom

**Article Type:** Full Length Article

**Initial submission :** 19/Dec/2018

**Current status:** Under Review ⓘ (02/Jan/2019)



## INTERREGIONAL INEQUALITY AND ROAD ACCIDENT RATES IN SPAIN

María Pilar Sánchez González <sup>a</sup>, Francisco Escribano Sotos <sup>a\*</sup>, Ángel Tejada Ponce <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Faculty of Economic and Business Sciences, University of Castilla-La Mancha, Plaza de la Universidad, 1, 02071, Albacete, Spain

\*Corresponding author: [Francisco.ESotos@uclm.es](mailto:Francisco.ESotos@uclm.es); Address: University of Castilla-La Mancha, Plaza de la Universidad, 1, 02071, Albacete, Spain. Tel. +34 967599200 Ext. 8272

E-mail addresses: [MPilar.Sanchez@uclm.es](mailto:MPilar.Sanchez@uclm.es) (M.P. Sánchez González), [Francisco.ESotos@uclm.es](mailto:Francisco.ESotos@uclm.es) (F. Escribano Sotos) and [Angel.Tejada@uclm.es](mailto:Angel.Tejada@uclm.es) (A. Tejada Ponce).

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

## HIGHLIGHTS

### INTERREGIONAL INEQUALITY AND ROAD ACCIDENT RATES IN SPAIN

Economic development impacts the number of road accidents in the richest provinces.

Greater development of the transport system benefits the lowest income provinces.

The penalty-points licence system should be reviewed to enhance its effectiveness.

The characteristics of a province are a determinant of its road accident rate.

## INTERREGIONAL INEQUALITY AND ROAD ACCIDENT RATES IN SPAIN

**ABSTRACT:** The aim of this study was to determine whether interregional inequality in Spain had the same impact on the risks of fatality and injury across the different provinces of Spain, in the period from 1999 to 2015. This allows us to map fatality and injury rates in the Spanish provinces depending on their level of economic development. The provinces were divided in two large groups according to the mean weight of their per capita GDP on the national GDP from 2000 to 2015. Using fixed effects data panel models, estimations were obtained for each group of the impact of the relationships between per capita GDP, unemployment rate and other control variables on their risks of fatality and injury. The models reveal that economic conditions are an explanatory factor with greater significance and impact on the risks of fatality and injury in provinces with higher levels of economic development. In this group, the penalty-points driving licence was found have a greater impact, although its effectiveness is now being questioned. In contrast, to reduce the risks of fatality and injury in less developed provinces, it is imperative to invest in road infrastructure, increasing the proportion of high capacity roads and investing more in road replacement and maintenance. The geographical distribution generated in this study allows us to better identify the areas with a higher risk of fatality or injury. This, in turn, confirms the need to improve the configuration of road safety policy, taking into account the different fatality or injury rates across the provinces, the origins of which lie in the specific provincial conditions.

**KEYWORDS:** fatality rate; serious injury rate; slight injury rate; per capita gross domestic product; provincial characteristics

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.



## 1. INTRODUCTION

Traffic crashes are one of the main public health problems: more than one million people per year are killed on the world's roads. In addition, each year, 20 to 50 million people sustain injuries as a result of road traffic crashes (WHO, 2013). A large part of these fatalities and injuries occur in low- and middle-income countries, mainly due to the rapid rate of motorization resulting from economic growth (WHO, 2015).

In 2015, there were 34,558 accidents with victims on Spanish interurban roads, resulting in 1,248 fatalities, 4,744 serious injuries, and 48,036 slight injuries, negatively impacting the country's development and public health. Adjusted for the level of exposure, per million vehicle-kilometres travelled (MVKR), 0.54 persons died, 2.06 were seriously injured and 20.81 received slight injuries. Although Spain needs to continue to battle against road accidents, these figures are a major improvement on those of 1999, showing a 75%-80% reduction in the risks of fatality and serious injury, and a 20% fall in the risk of slight injury.

Despite the reduction in fatality and injury rates in Spain, there are many differences in road accident rates across the Spain's provinces. For example, the number of fatalities per 100 MVKR in 2015 varied from 0.29 in Madrid to 1.27 in Lleida, the number of serious injuries per 100 MVKR ranged from 0.77 (Madrid) to 4.76 (Lleida), and that of slight injuries per 100 MVKR ranged from 5.48 (Zamora) to 36.48 (Barcelona). These figures show that road accidents continue to be a public health problem with high levels of inequality, not only across the countries of Europe, but also within each individual country (La Torre et al., 2007).

The literature has shown that disparities in the economic situation and development across territories are associated with differences in their road accident levels. Hence, multiple studies have attempted to determine the relationship between economic conditions or the level of economic development and road accident rates, using different databases, diverse road traffic accident indicators and various econometric techniques. Per capita GDP (or GDP) and the unemployment rate are the principal variables used in scientific research to examine this association.

The GDP or income of a country is regarded as a good indicator of its level of development, not only because of its impact on the exposure to accident risk, but also on variables such as investment in road safety (Antoniou et al., 2016). It is also considered a measure of factors such as urbanization, infrastructure quality or the effectiveness of health services (Bishai et al., 2006). The literature highlights three different relationships between GDP and the number of road accident victims: (1) non-linear (inverted U-shape relationship), (2) positive, and (3) negative.

A large number of studies have reached the conclusion that the relationship between GDP and road traffic fatalities has an inverted U shape (Bishai et al., 2006; Castillo-Manzano et al., 2015a; Grimm and Treibich, 2013; Kopits and Cropper, 2005; Law et al., 2011; Söderlund and Zwi, 1995; Van Beeck et al., 2000). The economic growth of low-income territories is initially accompanied by a rapid rise in the number of vehicles on the roads, increasing the road traffic fatality rate as a result of the exposure effect: the crash risk and the risk for non-motorized users are higher due to the larger number of vehicles on the road (Law et al., 2009). Once a certain economic level is reached, road safety significantly improves due to factors such as safer vehicles, less risky driving behaviours, greater road supervision, enhanced road safety legislation or improvements in emergency service response (Traynor, 2008). This non-linear relationship was also confirmed by Law et al. (2009) with respect to the association between per capita income and the number of motorcycle deaths in 25 countries in the period 1970-1999 and the number of injuries in 99 countries (developed and non-developed) in the period 1963-2009 (Law, 2015).

The literature also reports a positive relationship between per capita GDP and the number of fatalities in road accidents (Hakim et al., 1991; Noland, 2003). Yannis et al. (2014) recently evidenced a short-term positive effect of changes in GDP on the changes in fatality rates in 27 countries from 1975 to 2011. The estimates reported by Antoniou et al. (2015) for the same period indicate the existence of positive effects of short- and long-term changes on the number of fatalities in 30 European countries. This effect was also found by Bougueroua and Carnis (2016) with regard to the number of road accidents in Algeria, while the study by Noland and Zhou (2017) revealed a positive relationship between mean

regional income and the number of fatalities in the period 1984-2014 in the U.S. The provincial per capita GDP in Spain for the period 2000-2015 initially exhibits a positive non-linear relationship with the mean risk of slight injury by province in the same period (Figure S3 supplementary material).

Finally, cross-sectional analyses have shown a negative effect of real GDP on fatal accidents in New Zealand (Scuffham, 2003), and also of per capita income on regional fatality rates in the Netherlands or the U.S. (Van Beeck et al., 1991; Traynor, 2009a; Zlatoper, 1991). More specific analyses found an inverse relationship between per capita income of the counties of the State of Ohio and the number of deaths per 100 million MVKR (Traynor, 2008) or the seriousness of victims' injuries in road crashes (Traynor, 2009b). Recently, Noland and Adediji (2018) showed the negative relationship between mean income and number of accidents in New Jersey in the period 2008-2012. The differences in the association between level of economic development and road accident rates found by Traynor (2009a), Zlatoper (1991), and Noland and Zhou (2017) in the U.S. are rooted in the disparity of methods and variables used to examine such relationship. The mean provincial risk of fatality and serious injury (2000-2015) initially present a negative non-linear relationship with mean provincial per capita income over this period in Spain (Figures S1 and S2 supplementary material).

The inclusion of the unemployment rate in research allows analysis of the effect of the regional economic situation on road accident numbers. On one hand, some of the studies reviewed found that worse economic conditions are positively associated with higher injury and /or fatality rates in road crashes, primarily due to factors such as the number of older vehicles, greater number of vulnerable road users, and lower infrastructure investment (Yannis et al., 2014). Traynor (2009a) found a positive relationship between unemployment and regional fatality rates in the U.S. in the period 1999-2003. In another study, he also identified a positive relationship between the unemployment rate in the counties of the State of Ohio and the seriousness of road accident victims' injuries (Traynor, 2009b).

On the other hand, various studies have reported a negative association between unemployment rate and road accident rates. Gerdtham and Ruhm (2006) reported that a 1% fall in the unemployment rate corresponded to a 2.1% increase in road crash fatalities in 23 OECD countries in the

period 1960-1997. The study by Elvik (2015) on a sample of 14 OECD countries showed that variations in unemployment negatively impact variations in the number of road fatalities. In the same line, Bergel Hayat et al. (2015) found that a 0.1% increase in unemployment in France and Spain in the period 1983-2012 was associated with an approximate decline of 0.03% in the number of monthly traffic accidents.

Our review of the literature evidences the diversity of relationships between dissimilar economic conditions and/or the level of economic development of countries and regions and their road accident rates. Many of the studies reviewed are based on samples of an evident economic inequality, studying groups of economically divergent countries. In Spain, there are considerable differences in the level of economic development across the 50 provinces. For example, while the difference in per capita GDP at 2015 prices between the provinces with the highest and lowest development levels was 17333.11€ in 1999, this difference in per capita GDP was 19616.92€ in 2015. The economic inequality between regions in Spain increased as a result of the recent economic recession.

If we take into account the different effects of economic conditions on regional traffic accident rates, the significant disparity in the level of economic development across the provinces of Spain in 1999 and 2015 may be considered a determinant of provincial accident rates, with differing impacts. This is the starting point to define the two main aims of the present work. The first objective is to determine whether differences exist in the relationship between economic conditions and the risks of fatality, serious injury and slight injury in traffic accidents on interurban roads in the Spanish provinces, depending on their level of economic development. The second objective is to quantify the risks of fatality, serious injury and slight injury generated by the specific characteristics of each of the provinces according to their level of economic development.

This study is the first conducted in Spain that aims to determine the differences in the effect of economic development on road accident rates at provincial level over a 15-year period. Furthermore, this research permits an analysis of the impact of different control variables on the risks of fatality and injury in the Spanish provinces according to their level of economic development and so obtain a more precise geographical map of such risks.

This work is organised as follows: Section 2 includes the empirical approach, explaining the configuration of the database and the choice of econometric model. Section 3 sets forth the results and discussion. Section 4 proposes the main conclusions.

## 2. EMPIRICAL APPROACH

The empirical analysis conducted in our study uses an unbalanced panel comprising 850 annual observations of the 50 Spanish provinces for the period 1999-2015 (Sánchez et al., 2018a). To this database, we added the variable “Gross Domestic Product (GDP) at 2015 prices” and calculated the “per capita GDP” variable for each province and year. Following this, we defined two groups according to level of economic development: “low per capita income provinces” and “high per capita income provinces”. To do so, the mean weight of the per capita GDP of each province with respect to the per capita GDP of Spain was calculated for the period 2000-2015. The data used were those from 2000 due to the non-availability of provincial GDP data for 1999. The low per capita income provinces group comprised those whose mean weight was below 100% of the national per capita GDP. The high per capita income provinces group was formed by the provinces whose mean weight was higher than 100% of the national per capita GDP. The segmentation of the database constructed and used by Sánchez et al. (2018b) allows us to determine, on one hand, the group in which provincial economic conditions have a greater impact on the risks of fatality, serious and slight injury in road accidents, and, on the other, to establish whether there are differences between the two groups of provinces in the effect of different control variables on these three risks.

**Table 1**  
Groups of provinces based on the weight of RGDP per capita

Groups	Provinces
<b>Low per capita income</b>	Almería, Cádiz, Córdoba, Granada, Huelva, Jaén, Málaga, Seville, Asturias, Las Palmas, Santa Cruz de Tenerife, Cantabria, Ávila, León, Salamanca, Segovia, Soria, Zamora, Albacete, Ciudad Real, Cuenca, Guadalajara, Toledo, Alicante, Castellón, Valencia, Badajoz, Cáceres, A Coruña, Lugo, Ourense, Pontevedra and Murcia
<b>High per capita income</b>	Huesca, Teruel, Zaragoza, Balearic Islands, Burgos, Palencia, Valladolid, Barcelona, Girona, Lleida, Tarragona, Madrid, Navarra, Álava, Guipúzcoa, Vizcaya and La Rioja

Table 1 shows the list of Spanish provinces in each of the two groups. The definition of each variable, source, mean and standard deviation are included in Table 2.

**Table 2**  
Variables used in empirical analysis

Name	Description	Low per capita income provinces		High per capita income provinces	
		Mean	SD	Mean	SD
<b>Dependent variables</b>					
<b>Fatality rate (1), (2)</b>	Number of fatalities per MVKR	0.015	0.009	0.015	0.009
<b>Serious injury rate (1), (2)</b>	Number of serious injuries per MVKR	0.062	0.039	0.055	0.034
<b>Slight injury rate (1), (2)</b>	Number of slight injuries per MVKR	0.230	0.083	0.249	0.093
<b>Independent variables</b>					
<b>Real per capita Gross Domestic Product (3)</b>	Economic output per inhabitant at 2015 prices	19424.12	2470.728	27938.36	3412.278
<b>Unemployment rate (3)</b>	Percentage of jobless in relation to the working population	17.530	8.586	11.766	5.630
<b>Penalty-points driving licence (4)</b>	Dummy variable taking the value 1 in all provinces in the period in which the penalty- points licence is implemented	0.588	0.493	0.588	0.493
<b>Traffic volume (2)</b>	Number of vehicles per year that travel on interurban roads in each province, expressed in thousands	1329.379	874.781	1977.718	1685.664
<b>Motorization rate (1), (3)</b>	Number of vehicles per 1000 inhabitants	625.564	76.894	645.697	89.410
<b>Annual variation in population density (3), (5)</b>	Annual variation in the number of inhabitants per square kilometre	0.734	2.054	1.655	3.885
<b>Precipitation (5)</b>	Total volume of precipitation in millimetres	543.541	344.640	592.875	332.065
<b>Proportion of high capacity roads (2)</b>	Percentage of high capacity roads in relation to total number of road kilometres	8.362	4.489	10.086	5.828
<b>Investment in replacement per km of road (2)</b>	Investment in replacement interurban roads expressed in thousands of €/kilometre	11.127	5.614	17.687	12.142
<b>Investment in construction per km of road (2)</b>	Investment in construction of interurban roads expressed in thousands of €/kilometre	25.563	23.291	31.431	26.362

(1) Directorate General for Traffic (DGT); (2) Ministry of Public Works and Transport; (3) National Statistics Institute; (4) National Legislation (5) MAGRAMA

The empirical model used is the following:

$$y_{it} = \beta_1 RGDP_{it} + \beta_2 UNEMPLOYMENT_{it} + \beta_K X_{Kit} + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

where  $y_{it}$  is the fatality rate, serious injury rate or slight injury rate for province  $i$  in period  $t$ ,  $RGDP$  is the real per capita gross domestic product,  $UNEMPLOYMENT$  is the unemployment rate,  $X_{Kit}$  represents the other control variables,  $\mu_i$  is the specific intercepts of the province and finally  $\varepsilon_{it}$  is the error term.

In all the models, the test of over identifying restrictions indicates that these should be estimated using fixed effects (Table S1 supplementary material). In addition, the modified Wald and Wooldridge tests reveal first order problems of heteroscedasticity and autocorrelation in all the models and Pesaran's test shows the presence of contemporary correlation in all the models, except for fatality rate (low per capita income) and slight injury rate (high per capita income). We found no problems of multicollinearity in any of the models, with VIF values below the limit of 10<sup>1</sup>. Applying estimators for Panel Corrected Standard Errors (PCSE), the above problems were corrected. Dummy variables were incorporated into the models to obtain the fixed effects for each province (Table 3) and the models were estimated under two assumptions on the autoregressive structure: common for all the panels or specific for each panel.

**Table 3**  
Econometric models

Dependent model	Econometric model
<b>Fatality rate (Model 1)</b>	Fatality rate = $\beta_1$ real per capita gross domestic product + $\beta_2$ unemployment rate + $\beta_3$ penalty-points driving licence + $\beta_4$ traffic volume + $\beta_5$ motorization rate + $\beta_6$ annual variation in population density + $\beta_7$ precipitation + $\beta_8$ proportion of high capacity roads + $\beta_9$ investment in replacement per km + $\beta_{10}$ investment in construction per km + $\beta_{11}$ investment in replacement per km (lagged one period) + $\beta_{12}$ investment in construction per km (lagged one period) + $\beta_{13}$ investment in replacement per km (lagged two periods) + $\beta_{14}$ investment in construction per km (lagged two periods) + $\sum_1^i \alpha_i province + \mu_i^*$
<b>Serious injury rate (Model 2)</b>	Serious injury rate = $\beta_1$ real per capita gross domestic product + $\beta_2$ unemployment rate + $\beta_3$ penalty - points driving licence + $\beta_4$ traffic volume + $\beta_5$ motorization rate + $\beta_6$ annual variation in population density + $\beta_7$ precipitation + $\beta_8$ proportion of high capacity roads + $\beta_9$ investment in replacement per km + $\beta_{10}$ investment in construction per km + $\beta_{11}$ investment in replacement per km (lagged one period) + $\beta_{12}$ investment in construction per km (lagged one period) + $\beta_{13}$ investment in replacement per km (lagged two periods) + $\beta_{14}$ investment in construction per km (lagged two periods) + $\sum_1^i \alpha_i province + \mu_i^*$
<b>Slight injury rate (Model 3)</b>	Slight injury rate = $\beta_1$ real per capita gross domestic product + $\beta_2$ unemployment rate + $\beta_3$ penalty-points driving licence + $\beta_4$ traffic volume + $\beta_5$ motorization rate + $\beta_6$ annual variation in population density + $\beta_7$ precipitation + $\beta_8$ proportion of high capacity roads + $\beta_9$ investment in replacement per km + $\beta_{10}$ investment in construction per km + $\beta_{11}$ investment in replacement per km (lagged one period) + $\beta_{12}$ investment in construction per km (lagged one period) + $\beta_{13}$ investment in replacement per km (lagged two periods) + $\beta_{14}$ investment in construction per km (lagged two periods) + $\sum_1^i \alpha_i province + \mu_i^*$

Note: Index i referring to the fixed provincial effects in the low per capita income provinces is between 1 and 33. The same index for the high per capita income provinces is between 1 and 17.

The dependent variables selected are the risks of fatality, of serious injury and of slight injury, defined as the number of fatalities, serious injuries or slight injuries per million vehicle-kilometres travelled (MVKR) on interurban roads (Farchi et al., 2006; Sánchez et al., 2018b), differentiating the risks by the type of victims according to seriousness of injury (OECD, Eurostat and UNECE, 2010). The

<sup>1</sup> The mean VIF for the low per capita income group is 2.55 and 4.06 for the high per capita income group.

inclusion of these variables in the risk models as dependent variables mitigates the distorting effect of the different exposure levels in the Spanish provinces. They are appropriate indicators in accident risk analysis in terms of spatial distribution (Hakkert and Braimaister, 2002). Although the selected indicator of exposure (MVKR) is recognised as one of the best measures to capture regional variations in accident rates (Papadimitriou et al., 2013), it is also true that this accident rate is not linear. Consequently, Santamariña-Rubio et al. (2013) highlight its capacity to underestimate the accident risk in territories with a better-developed public transport system.

The provinces' economic conditions are included in the models by means of two variables: the per capita GDP stated in 2015 euros and the unemployment rate. The association between the two variables and the fatality or injury rates is not well defined, exhibiting discrepancies in the definition of the relationship. The literature review revealed both negative and positive effects for the two variables on road traffic accident rates. As the square of per capita income was non-significant in the models first estimated, it was not included to verify the existence of a Kuznets curve. These two variables selected to test the effect of economic conditions do not express the same phenomenon: while the per capita GDP reports the economic development level of each province, the unemployment rate indicates its current economic situation. Scuffham (2003) suggested that these factors are not mutually exclusive in explaining road accident rates.

Each  $X_{Kit}$  variable was included to control for other factors that affect the different risks of fatality or injury in the Spanish provinces. For each group of provinces, a dummy variable was included to express the effect of the implementation of the penalty-points licence system on the defined rates of fatality and injury. Following the findings of Aparicio Izquierdo et al. (2011) and Castillo-Manzano and Castro-Nuño (2012), the expected relationship between these variables in the two groups of provinces is negative. This variable takes the value of 1 for the period in which the penalty-points licence system was operational (2006-2015). Although the system entered into effect on 1 July 2006, the observations for 2006 were coded with the value of 1 based on the demonstrated previous effect of its implementation in countries such as Italy (Benedettini and Nicita, 2009).

The effect of the different level of exposure in each province was measured by means of the variable “traffic volume”, traditionally used in linear regression models where the dependent variable is expressed as a rate (Elvik, 2017). The expected relationship is not defined. If the effect of lower speed by traffic volume is predominant, then its effect on the accident rate (Anastasopoulos et al., 2012a,b) or the fatality or injury rates (Sánchez et al., 2018b) is negative. If the effect of greater exposure dominates, then the relationship of this variable with the accident rate (Abdel-Aty and Radwan, 2000; Anastasopoulos and Mannering, 2009; Ma et al., 2017; Rangel and Vasallo, 2015; Wang et al., 2009) and the number of fatalities or injuries (Rangel et al., 2013) is clearly positive. Finally, these two effects can be present through a non-linear relationship with the number of accidents (Cafiso et al., 2010; Wang et al., 2013).

In each group of provinces, we included two variables to determine the effect of sociodemographic conditions on road safety. The first variable, one of the most widely used in the road safety literature, is the motorization rate, expressed as the number of vehicles per 1,000 inhabitants. If this factor presents a positive sign, the effect of greater exposure will be predominant (Albalade et al., 2013). In contrast, if the models reveal a negative sign for this variable, its effect is associated with more a developed transport network in the form of better infrastructures, vehicles and public transport (Albalade and Bel, 2012; Castillo-Manzano et al., 2014). The second sociodemographic factors in the models for each group is the population density of the provinces, with a clearly negative relation expected (Eksler et al., 2008): more densely populated regions or areas are likely to be more advanced and thus have a more developed public transport system. Traynor (2008) underlined three main reasons why densely populated regions present lower traffic accident rates. These are reduced traffic speed due to greater congestion, faster emergency service response, and higher quality response in hospitals. The multicollinearity generated by this factor was resolved by taking first differences. Hence, the variable finally used in the models was the annual variation in population density.

The total precipitation in millimetres in each province was included in the models to examine the impact of the various climates in Spain. Assuming all other factors remain the same, while some

studies find that the risk of accident is higher when road surface conditions are wet (Eisenberg, 2004; Fridstrom and Ingebrigtsen, 1991), others find a negative association with the risk of accident due to the reduction in speed of response to adverse weather conditions (Eisenberg, 2004; Traynor, 2009a). In both groups, this variable was expected to show a positive coefficient (Sánchez et al., 2018b).

The quality of the road infrastructures in countries, regions and provinces is one of the most important factors in the fight against road traffic accidents. Thus, three variables that express the quality of provinces' road infrastructures and the investment effort undertaken in both maintaining the existing roads and building new ones were included in the models. The first factor, the proportion of high capacity roads (motorways and dual carriageways), determines the effect of road quality on road safety in the provinces and examines the difference in the size of this effect between the two groups of provinces. This variable was expected to present a negative coefficient in the two groups of provinces (Albalate, 2008; Jamroz, 2012). Finally, the investment effort in each group was included in the models by means of the investment undertaken in replacement per kilometre of road (reconstruction, renovation, infrastructure improvement and road maintenance) and the investment in construction per kilometre of existing road (new road construction). Both variables were expressed in thousands of euros (at 2015 prices) per kilometre of existing road. Given the scant literature on the impact of these types of investments on road safety, we expected both variables to present negative coefficients, in line with the findings of Albalate et al. (2013). Thus, drawing on the study by Sánchez et al. (2018b), we included these two variables, lagged one and two periods, in the models, to determine the effectiveness of investments made one and two years before on the risks of fatality and injury in each province in the present year.

### 3. RESULTS AND DISCUSSION

This study had two aims. The first was to determine whether economic inequality across the provinces of Spain generated a different impact on the rates of fatality, serious injury and slight injury over the period 1999-2015. The second was to obtain the distribution of the rates of fatality, serious injury and slight injury in traffic accidents on interurban roads in the provinces of Spain depending on their level of economic development. The results thus obtained may be of great interest to policy makers when taking decisions on future road safety policies.

Tables 4 and 5 show the results of the models constructed to establish the determinants of the risks of fatality, serious injury and slight injury in the two groups of provinces assuming the same or a different autoregressive term for each province, respectively. The level of significance of all the models was higher than 0.9, with this level being higher when a specific autoregressive term was assumed for each province in both groups. In all the models, the Wald test determined that overall the variables explain the risks of fatality or injury in the two groups of provinces. Although the results are practically the same regardless of the assumption on the autoregressive, Braunerhjelm et al. (2010) suggest that the assumption of a different or a specific autoregressive is more appropriate when the regressions draw on annual data. Thus, drawing on this suggestion and the similarity of the results, the main findings on the two aims of our study will be discussed using the models assuming a different autoregressive term (Table 5).

#### 3.1. Determinants of fatality and injury rates

The models estimated for the two groups of provinces reveal important findings regarding the impact of the different factors on the risks defined. The results confirm that the level of economic development, measured by per capita GDP, has a statistically significant negative relationship with the risks of fatality and injury in the most economically advanced provinces (Traynor, 2009a; Van Beeck et al., 1991). Thus, it may be said that in the most developed provinces, an improvement in economic growth leads to a greater protection of the population against road accidents on interurban roads. In

the models estimated for the less economically developed provinces, the coefficients of the per capita GDP variable are positive but statistically non-significant.

The provinces' economic situation measured by their unemployment rates, is an economic determinant with a greater impact on road accident rates, as all the coefficients obtained are negative and statistically significant in both groups (Elvik, 2015; Kweon 2015; Nguyen-Hoang and Yeung, 2014). Economic recession is associated with lower rates of driving by young adults, lower alcohol consumption and choice of lower speeds (Wegman et al., 2017), directly impacting the number of accidents, and, thus, the number of victims. The overall explanatory capacity in both groups reveals that the effect is dissimilar for the three risks defined: similar increases in the unemployment rate in the two groups generates a greater reduction of these risks in the more economically developed provinces, *ceteris paribus*. This novel finding suggests the need to unravel this effect in future studies so as to more precisely describe road accident rates in Spain. It would be of interest to attempt to determine which variables not considered in the present work might be related to the economic cycle, level of economic development and the number of road accidents.

Road safety policy measured by the variable dummy expressing the implementation of the penalty-points licence system revealed differing effectiveness in the two groups. This variable shows a statistically significant negative relationship with the risk of fatality in the two groups, in line with the findings of Novoa et al. (2010), although the size of the effect differs between the two groups: the reduction on the risk of fatality is three times greater in the more economically developed provinces. This finding evidences that the control of the human factor pursued by the licence system is different in the two groups. This not only constitutes a contribution to the knowledge on road safety, but is also a basis for improving the penalty-points licence system in Spain.

Regarding the impact of the penalty-points legislation on the injury rate, its effectiveness with regard to the risk of serious injury in the group of higher-income provinces (Castillo-Manzano et al., 2010) is different to the statistically significant positive sign found in the models for the risk of slight injury in this group of provinces, which shows that this legislative measure has not been effective in

reducing the risk. This may indicate, on one hand, a lower than expected impact of its implementation (Castillo-Manzano et al., 2014) and, on the other, a transfer effect of victims to a category of less serious injury: the more cautious behaviour of drivers after the system came into effect may have had a greater impact on the reduction of serious injuries in road accidents than on the overall number of victims (Rodríguez-López et al., 2016).

The level of exposure presents a statistically significant negative relationship with the risks of fatality and injury, in line with the findings of research by Zeng et al. (2017a,b). These findings provide evidence in both groups for the effect of lower speeds on interurban roads due to vehicle volume and traffic congestion (Sánchez et al., 2018b). The effect size of this variable on the three rates is similar in both groups. To define the dependent variables, we used the level of exposure across the provinces, which is directly related to the traffic volume variable, obtained using the level of exposure and the total length of interurban roads. This dependence may explain this similarity of this effect in comparison to other explanatory factors that are more independent of the number of kilometres travelled.

The motorization rate is negatively related to the three risks defined for the two groups of provinces (Albalade and Bel, 2012; Castillo-Manzano et al., 2015b), which indicates that the effect of more developed transport is higher than that of greater exposure due to higher motorization rates. Although its effect on the risk of slight injury is similar in both groups, the size of the impact on the risks of fatality and serious injury in the less developed provinces is 76% and 292% higher than the estimated effect for the more developed provinces. The annual variation in population density is negatively associated with the rates of fatality and serious injury in the more developed provinces (Castillo-Manzano et al., 2016; Tolón-Becerra et al., 2013), confirming that the more densely populated provinces in this group have more developed public transport systems and higher traffic congestion levels, among other factors. This factor, however, has a similar negative relationship with the effect on the slight injury rate in both groups of provinces (Noland and Quddus, 2004; Noland et al., 2013).

**Table 4**

Multivariate regressions of fatality rate, serious injury rate and slight injury rate (common AR1 structures)

	Fatality rate		Serious injury rate		Slight injury rate	
	Low per capita income provinces	High per capita income provinces	Low per capita income provinces	High per capita income provinces	Low per capita income provinces	High per capita income provinces
RGDP	4.34E-08	-7.67E-07*	1.20E-06	-2.68E-06*	-8.15E-07	-5.78E-06
	(0.825)	(0.001)	(0.167)	(0.005)	(0.790)	(0.158)
Unemployment rate	-0.0002667*	-0.0007787*	-0.0015856*	-0.0029304*	-0.0014438*	-0.0043032*
	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.026)	(0.003)
Penalty-points driving licence	-0.0012007*	-0.0042183*	-0.0018865	-0.0083364*	0.014268	0.0420564*
	(0.045)	(0.000)	(0.645)	(0.004)	(0.268)	(0.001)
Traffic volume	-4.75E-06*	-4.97E-06*	-0.0000257*	-0.0000208*	-0.0000707*	-0.0000633*
	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.001)
Motorization rate	-0.0000658*	-0.0000413*	-0.000298*	-0.0001396*	-0.0005399*	-0.0005447*
	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.005)	(0.000)	(0.000)
Annual variation in population density	0.0001065	-0.0001991*	0.000225	-0.0007693*	-0.0021914**	-0.0028654*
	(0.109)	(0.002)	(0.549)	(0.007)	(0.099)	(0.016)
Precipitation	8.41E-07	1.27E-06	7.33E-06**	6.42E-06**	2.31E-06	-0.0000185
	(0.216)	(0.261)	(0.066)	(0.089)	(0.870)	(0.336)
Proportion of high capacity roads	-0.0006053*	0.0000324	-0.0014921*	-0.0012078	-0.0039197**	-0.0059728
	(0.000)	(0.876)	(0.017)	(0.106)	(0.060)	(0.193)
Investment in replacement per km	-8.04E-06	1.66E-06	-0.0002275**	-0.0002466*	-0.0007225*	-0.0004023
	(0.756)	(0.954)	(0.099)	(0.007)	(0.044)	(0.506)
Investment in construction per km	-0.0000176*	0.0000139**	-0.0000823*	-4.00E-06	-0.0000632	0.0000749
	(0.034)	(0.064)	(0.019)	(0.881)	(0.537)	(0.649)
Investment in replacement per km (lagged one period)	0.0000174	-7.58E-07	0.0000757	0.0000231	-0.0005629	-0.000118
	(0.489)	(0.979)	(0.588)	(0.781)	(0.119)	(0.841)
Investment in construction per km (lagged one period)	0.0000197*	3.50E-06	-0.0000218	-7.54E-06	0.0001102	0.0001965
	(0.021)	(0.668)	(0.507)	(0.811)	(0.264)	(0.265)
Investment in replacement per km (lagged two periods)	3.90E-06	-3.27E-06	0.0000806	-0.0001999*	-0.0003228	-0.0000757
	(0.878)	(0.910)	(0.576)	(0.018)	(0.407)	(0.896)
Investment in construction per km (lagged two periods)	-4.16E-06	4.56E-06	0.0000125	-9.24E-06	0.0002192*	0.0000465
	(0.622)	(0.553)	(0.730)	(0.759)	(0.041)	(0.781)
R <sup>2</sup>	0.9606	0.9499	0.9394	0.9189	0.9556	0.9072
R <sup>2</sup> without provincial effects	0.8250	0.8716	0.7403	0.8087	0.8090	0.8000
Wald chi2	15818.38	34027.8	4668.91	3806.63	160272.45	3190.54
Prob > chi2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Note: The p-value is expressed in parentheses \* Statistically significant to 5% \*\* Statistically significant to 10%

**Table 5**

Multivariate regressions of fatality rate, serious injury rate and slight injury rate (panel-specific AR1 structures)

	Fatality rate		Serious injury rate		Slight injury rate	
	Low per capita income provinces	High per capita income provinces	Low per capita income provinces	High per capita income provinces	Low per capita income provinces	High per capita income provinces
<b>RGDP</b>	1.25E-07 (0.531)	-7.99E-07* (0.000)	9.38E-07 (0.220)	-3.14E-06* (0.001)	5.99E-07 (0.817)	-2.80E-06 (0.425)
<b>Unemployment rate</b>	-0.0002433* (0.000)	-0.0007974* (0.000)	-0.0014976* (0.000)	-0.0032316* (0.000)	-0.0013594* (0.012)	-0.0042011* (0.001)
<b>Penalty-points driving licence</b>	-0.001098* (0.043)	-0.0040819* (0.000)	-0.0010242 (0.781)	-0.0092252* (0.000)	0.0149141 (0.155)	0.0374516* (0.001)
<b>Traffic volume</b>	-4.71E-06* (0.000)	-4.62E-06* (0.000)	-0.0000223* (0.000)	-0.0000224* (0.000)	-0.0000657* (0.000)	-0.000065* (0.000)
<b>Motorization rate</b>	-0.0000681* (0.000)	-0.0000385* (0.000)	-0.000305* (0.000)	-0.0000777* (0.018)	-0.0004993* (0.000)	-0.0004566* (0.000)
<b>Annual variation in population density</b>	0.0000842 (0.166)	-0.0001698* (0.007)	0.0001891 (0.602)	-0.0008387* (0.003)	-0.0025845* (0.028)	-0.0025794* (0.015)
<b>Precipitation</b>	7.71E-07 (0.218)	1.37E-06 (0.228)	6.77E-06** (0.065)	8.33E-06* (0.025)	6.00E-06 (0.575)	-0.0000117 (0.490)
<b>Proportion of high capacity roads</b>	-0.0006047* (0.000)	0.0000632 (0.753)	-0.0014181* (0.021)	-0.0010306 (0.142)	-0.0055448* (0.000)	-0.0063442 (0.126)
<b>Investment in replacement per km</b>	-0.0000198 (0.425)	-7.47E-06 (0.781)	-0.0001746 (0.185)	-0.0002553* (0.001)	-0.0008357* (0.010)	-0.0004415 (0.416)
<b>Investment in construction per km</b>	-0.0000186* (0.012)	0.0000131* (0.049)	-0.0000853* (0.010)	0.0000343 (0.145)	-0.0000316 (0.733)	0.0000494 (0.739)
<b>Investment in replacement per km (lagged one period)</b>	0.0000224 (0.370)	-3.64E-06 (0.895)	0.00004 (0.766)	0.0000508 (0.498)	-0.0005414** (0.093)	-0.000219 (0.684)
<b>Investment in construction per km (lagged one period)</b>	0.0000241* (0.002)	6.18E-06 (0.401)	-3.23E-06 (0.918)	0.0000169 (0.539)	0.0000931 (0.286)	0.0001931 (0.214)
<b>Investment in replacement per km (lagged two periods)</b>	-0.0000122 (0.611)	-0.000017 (0.538)	0.0000503 (0.717)	-0.0002117* (0.004)	-0.000311 (0.361)	-0.0001255 (0.813)
<b>Investment in construction per km (lagged two periods)</b>	-5.93E-06 (0.439)	1.26E-06 (0.855)	0.0000342 (0.319)	-0.0000167 (0.549)	0.0001857** (0.057)	0.000058 (0.695)
<b>R<sup>2</sup></b>	0.9689	0.9580	0.9537	0.9308	0.9720	0.9180
<b>R<sup>2</sup> without provincial effects</b>	0.8546	0.8863	0.7811	0.8567	0.8771	0.8523
<b>Wald chi2</b>	24533.34	1.27E+06	375058.65	210819.53	114676.51	6179.23
<b>Prob &gt; chi2</b>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Note: The p-value is expressed in parentheses \* Statistically significant to 5% \*\* Statistically significant to 10%

The serious injury rate rises similarly in both groups as a result of higher volumes of precipitation (Fridstrom et al., 1995; Yakolev and Inden, 2010). This association contradicts the findings of Pei et al.

(2012), who reported that precipitation levels positively related to the probability of traffic crashes but negatively to the likelihood of serious accident (fatality or serious injury).

The quality of road infrastructure, measured by the proportion of high capacity roads was found to be a key factor in the fight against road traffic accidents in the group of less economically developed provinces, regardless of the type of risk, which coincides with the studies by Albalade and Bel (2012) and Rivas-Ruiz et al. (2007). The positive impact of this variable on accident rates is especially generated by its substantial capacity to reduce the number of fatal accidents (Dadashova et al., 2016), which should be taken into account to improve the distribution of resources devoted to road safety policy in the future.

Investment per kilometre of existing road in maintaining the quality and conditions of road infrastructure is effective in reducing the rates of serious injury (more developed provinces) and slight injury (less economically developed provinces). These findings are similar to those of Albalade et al. (2013) and Fridstrom and Ingebrigsten (1991). Thus, keeping interurban roads in the best condition possible is a key tool for both groups to reduce the risk of injury in road accidents. The importance of road maintenance is supported by the effectiveness of investment in replacement per kilometre of road from the previous year for the less developed provinces (slight injury rate) and that from two years before in the case of the more economically developed provinces (serious injury rate). The pattern of association of these investments is not corroborated by any previous studies, and hence these effects are likely to have been generated by the stochasticity of the models estimated.

Finally, the road accident rate in the two groups of provinces is not affected as expected by investment in new construction per kilometre of existing road. The risk of dying in a traffic accident in the more economically developed provinces increases with the investment in construction per kilometre of road in the year in course. This effect is not corroborated by any previous research, which is relevant not only for the scientific literature but also for the distribution of resources dedicated to road infrastructure in this group of provinces. In the case of the less economically developed provinces, the investment in construction exhibits a statistically significant negative association with the rates of

fatality and serious injury (Albalade et al., 2013). However, the investment undertaken in construction in the previous year increases the likelihood of dying on the road, and that from two years before increases that of suffering a slight injury, which is in line with the findings of Sánchez et al. (2018b). These positive relationships suggest, on one hand, that these investments generate the so-called “Peltzman effect”: new investment may lead to increased demand and in turn to the selection of higher speeds in response to road quality, which involves greater risk for drivers, generating the opposite effect to that intended (Peltzman, 1975). On the other hand, familiarity with roads is associated with higher levels of driving: repeated exposure leads drivers to lower their level of attention, exacerbating in turn their level of risk (Charlton and Starkey, 2013), primarily due to more dangerous behaviours related to higher driving speeds (Colonna et al., 2016) and greater distraction when driving (Intini et al., 2018, Wu and Xu, 2018). The size of the relationship between lagged investment and fatality rate is exceeded by that for investment in the year in course, and thus the effectiveness of this type of investment might be questionable in this group of provinces.

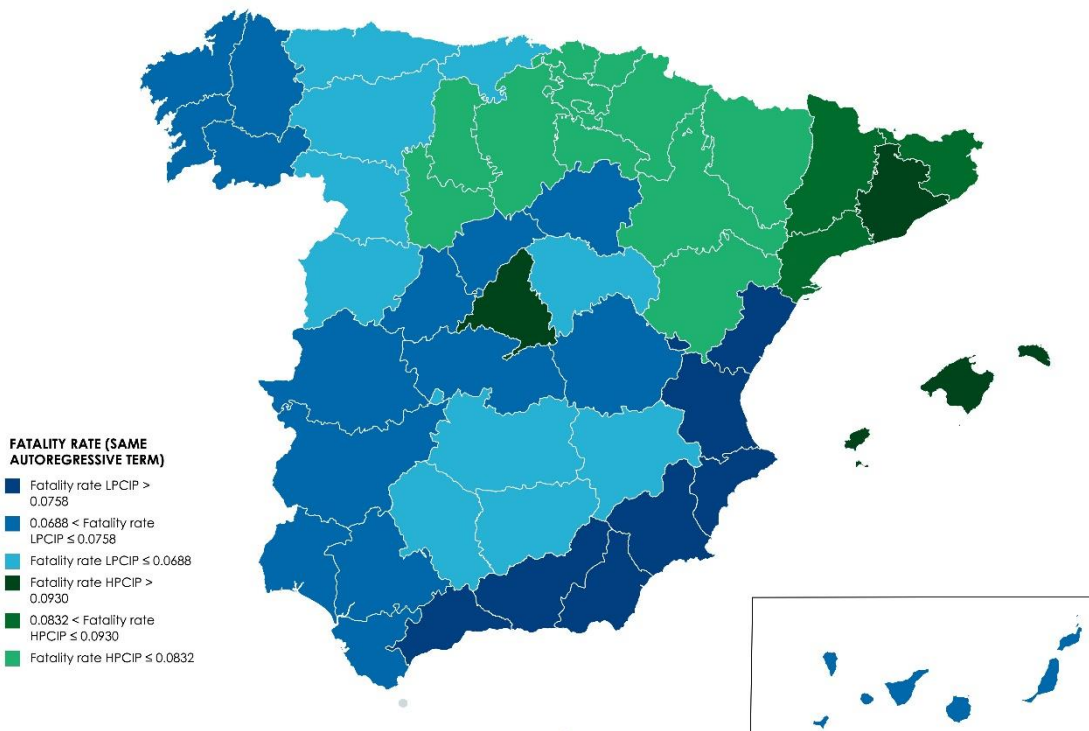
### **3.2. Geographical distribution of fatality and injury rates**

By incorporating dummy variables that measure the “province effect” on the models, we can estimate the different rates or risks of the Spanish provinces generated by the specific conditions or characteristics of each one or the variables that could not be included in the models. In the models for the low per capita income provinces, we incorporated 33 dummy variables, and 17 in the high per capita income group, in line with the number of provinces per group. They were all found to be statistically significant in all the models estimated.

Tables 4 and 5 show the  $R^2$  value for each of the models estimated for each of the groups of provinces without including the dummy variables that capture the fixed provincial effects. In all these models,  $R^2$  is lower than that obtained in the models including the explanatory variables and fixed effects, which indicates that estimating the dummy variables would achieve the best results. The

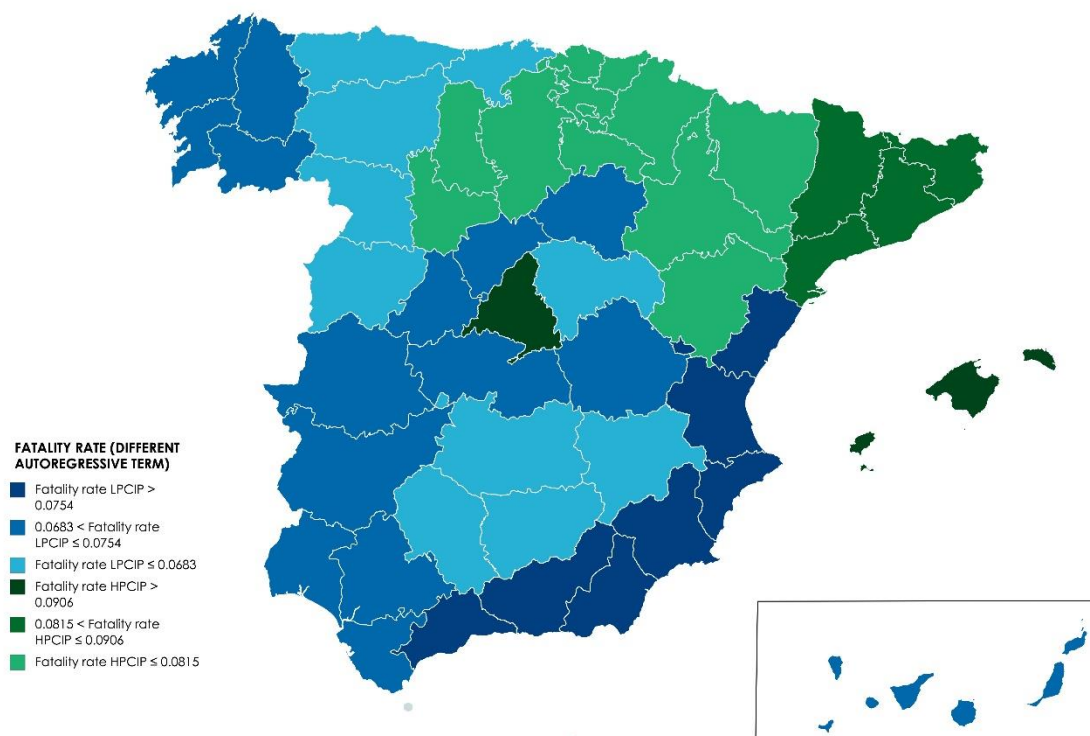
geographical distribution of the risks is expressed overall, with the less economically developed provinces in blue and their more economically developed counterparts in green.

The use and segmentation of the database constructed by Sánchez et al. (2018a) into two sets of provinces with different levels of economic development enhances the geographical distribution of the three types of risks reported by Sánchez et al. (2018b). The estimations in each group identify more precisely the areas whose specific characteristics are related to an increase in their traffic accident rates, primarily in the less economically developed group, resulting in a less heterogeneous geographical pattern. Moreover, analysis of the intervals constructed in each group of provinces for the risk of fatality and slight injury evidences the substantial difference in the related effect of the provincial characteristics: the last interval (lowest risk) in the more economically developed group is higher than the first interval (higher risk) in the less economically developed group, which confirms the unequal impact of the specific conditions of each province.



**Figure 1.** Fatality rate in low per capita income provinces (LPCIP) and high per capita income provinces (HPCIP) resulting from the specific characteristics of each province (similar autoregressive term)

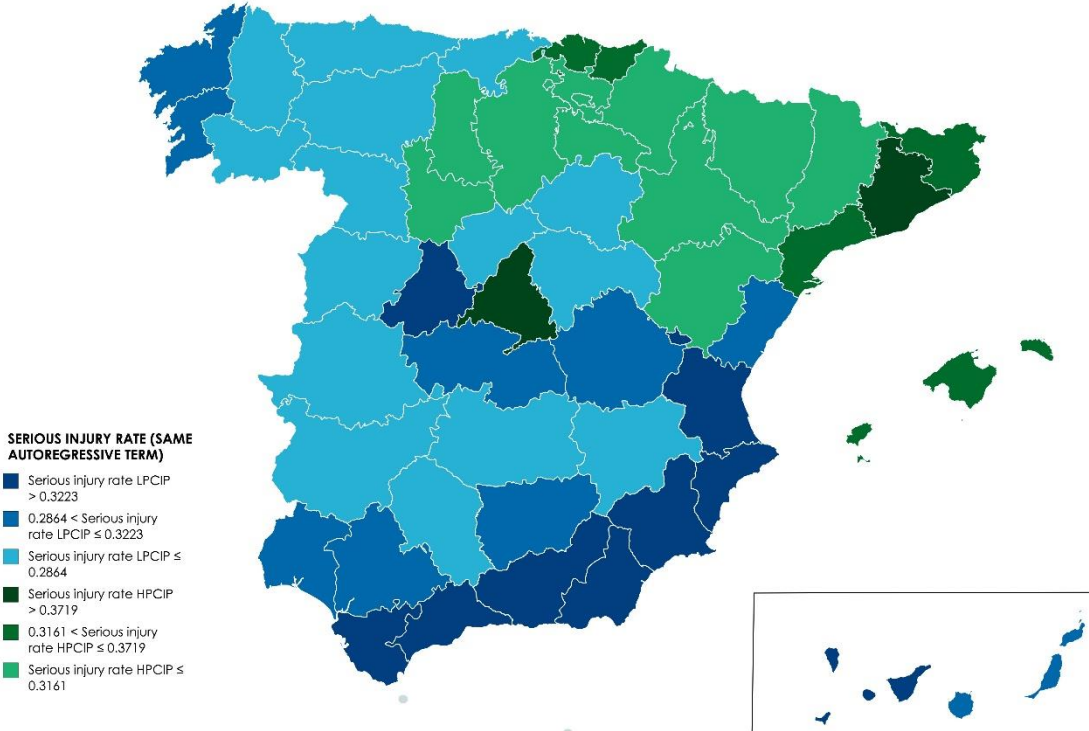
The highest risk of fatality generated by the specific conditions of the more economically developed provinces corresponds to Madrid, the Balearic Islands, and the four Catalan provinces (Figures 1 y 2), with a fatality risk of over 0.0815 deaths per MVKR, the same provinces identified in the study by Sánchez et al. (2018b). This similarity in the results suggests that the segmentation of the database does not affect the identification of the areas with the highest risk in this group, and thus the specific conditions of these provinces likely have a similar effect, regardless of the lower study population in these models.



**Figure 2.** Fatality rate in low per capita income provinces (LPCIP) and high per capita income provinces (HPCIP) resulting from the specific characteristics of each province (different autoregressive term)

The geographical pattern of the fatality rate in the less economically developed provinces reveals there are five areas of provinces where the risk is higher than the rest of the group (Figures 1 and 2). The first area, with a fatality rate of 0.0754 deaths per MVKR, comprises the provinces on the Mediterranean coast (Alicante, Castellón, Valencia, Murcia, Almería, Granada and Málaga). The second area (Santa Cruz de Tenerife and Las Palmas de Gran Canaria), the third (the provinces of Galicia), fourth (provinces bordering Madrid, with the exception of Guadalajara, and Soria) and fifth (provinces of the

centre and those in the south of Spain, bordering Portugal) present a fatality rate of between 0.0683 and 0.0754 deaths per MVKR.

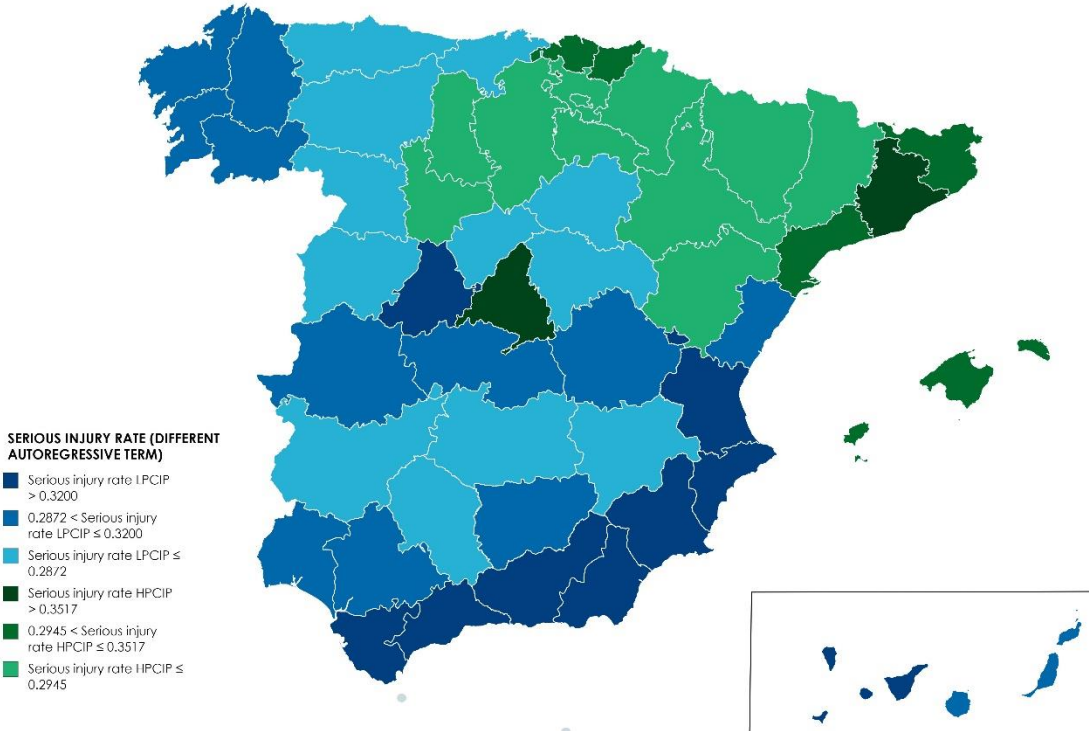


**Figure 3.** Serious injury rate in low per capita income provinces (LPCIP) and high per capita income provinces (HPCIP) resulting from the specific characteristics of each province (similar autoregressive term)

The variables omitted from the models and the specific characteristics of the provinces exhibit practically the same impact on the risk of suffering a serious injury in a road traffic accident (Figures 3 and 4). Madrid, the Balearic Islands and the Catalan provinces (except Lleida) present a serious injury rate above 0.2945 serious injuries per MVKR. The specific characteristics of Vizcaya and Guipúzcoa also have a higher effect on this type of risk.

The geographical distribution of the serious injury rate in the less economically developed provinces is significantly similar to that of the fatality rate (Figures 3 and 4). The provinces in this group on the Mediterranean coast, together with Jaén, Huelva and Seville (first area), the provinces of Galicia (second area), the provinces comprising the Canary Islands (third area) and the provinces of Cáceres, Ávila, Toledo and Cuenca (fourth area) present a serious injury rate of over 0.2872. The impact of the

specific characteristics of Segovia, Soria and Badajoz on the risk of serious injury in road traffic accidents is lower than that on the risk of fatality.



**Figure 4.** Serious injury rate in low per capita income provinces (LPCIP) and high per capita income provinces (HPCIP) resulting from the specific characteristics of each province (different autoregressive term)

The geographical distribution of the slight injury rate presents greater differences compared to the two risks previously examined (Figures 5 and 6). In the higher per capita income group, the specific provincial conditions have a similar impact, and so the characteristics of Madrid, the Balearic Islands, the Basque provinces and the Catalan provinces present slight injury rates of over 0.8490 per MVKR. The similarity found in the three risks or rates in this group of provinces demonstrates how their specific conditions have a similar effect on the three traffic accident risks defined in this study.

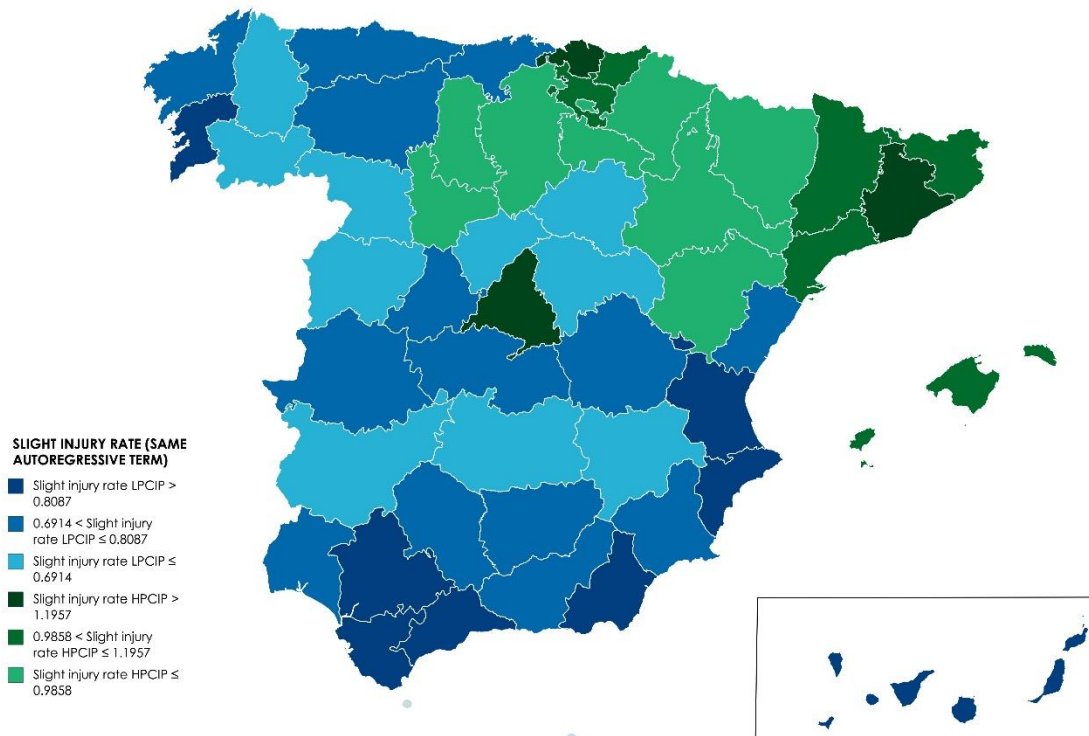


Figure 5. Slight injury rate in low per capita income provinces (LPCIP) and high per capita income provinces (HPCIP) resulting from the specific characteristics of each province (similar autoregressive term)

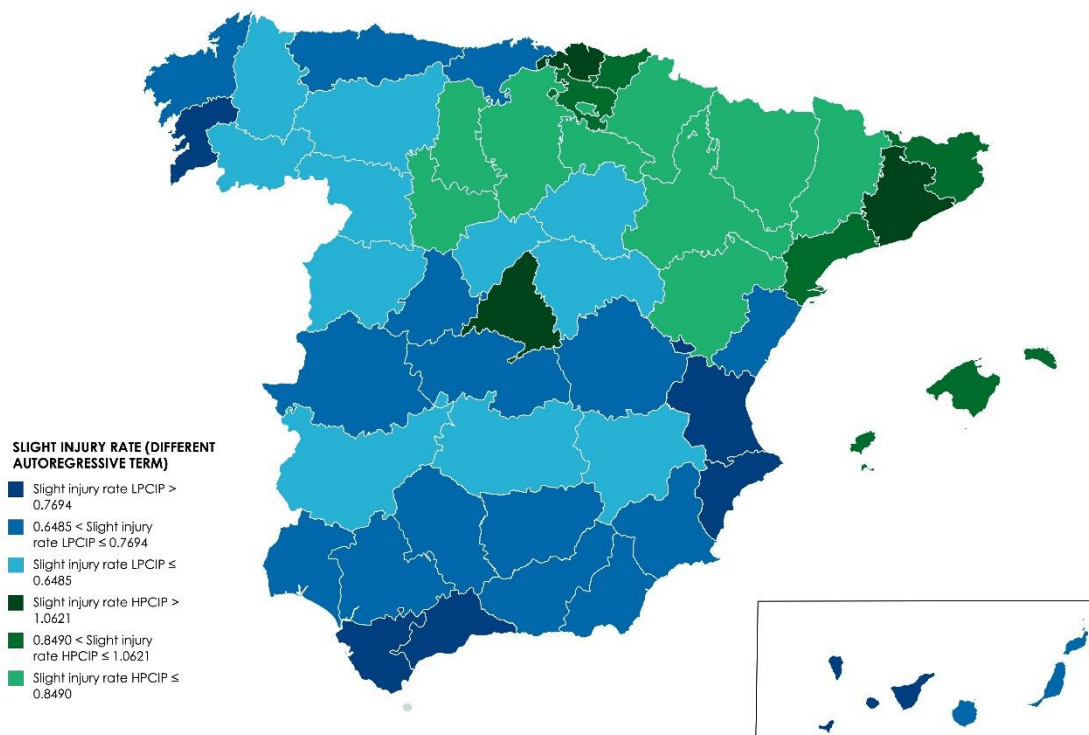


Figure 6. Slight injury rate in low per capita income provinces (LPCIP) and high per capita income provinces (HPCIP) resulting from the specific characteristics of each province (different autoregressive term)

The geographical distribution of slight injury in the less economically developed group is more unequal compared to the two risks previously analysed. In Figures 5 and 6, four areas where the risk of slight injury is higher than 0.6485 per MKVT can be appreciated. The first area comprises Santa Cruz de Tenerife and Las Palmas de Gran Canaria. In the south-southeast of the country, the second area includes Murcia, the provinces of the Valencian community and those of Andalusia. In the centre, the third area is configured by Cáceres, Ávila, Toledo and Cuenca. Finally, the northern provinces of A Coruña, Pontevedra, Cantabria and Asturias make up the last area of provinces with the highest slight injury rate in this group.

The overall geographical distribution of the risks defined in this study corroborate the need to take into account the specific conditions of the Spanish provinces in order to better understand road accident rates in Spain. The geographical patterns illustrated in Figures 1 to 6 can be explained by various factors.

Firstly, regardless of the level of economic development of the group in which they are included, the tourist industry in the provinces of Madrid, the Balearic Islands, Santa Cruz de Tenerife, Las Palmas de Gran Canaria and those on the Mediterranean coast likely has a greater impact on road accident rates than in other Spanish provinces. These provinces welcome a significant number of tourists each year, which is positively related to the number of traffic accidents (Roselló and Saenz-de-Miera, 2011). Thus, tourism may generate negative road safety-related externalities in these provinces. Although it is true that the indicator of exposure used to express the risks allows us to adjust for, among many other factors, the greater or lesser volume of journeys, there may still be differences in the population's driving skills, primarily between residents and tourists, as a result of familiarity with the interurban roads.

Secondly, public transport on the Mediterranean coast is much more limited than in the rest of Spain, considering that both the road and rail infrastructures are configured radially from the centre of Spain (Madrid), which may explain the higher accident rate (Sánchez et al., 2018b).

Thirdly, the more complex orography of the Mediterranean provinces (belonging to the Catalan Coastal System of mountain range, the Iberian System and the Baetic System) affects the layout of their roads, with a higher number of bends, slopes and points of access to interurban roads, thus increasing the risk of dying or suffering an injury in traffic accidents.

The less uniform nature of the risks represented in Figures 1 to 6 reveals new areas where the risks of fatality and injury are higher compared to the findings reported in the study by Sánchez et al. (2018b). The estimations of the present study allow three new higher risk areas to be identified: the provinces of Galicia, certain provinces adjacent to Madrid, and provinces of the central-south half of the country or adjoining Portugal.

Firstly, the higher risks of fatality and injury in the provinces of Galicia may be generated by various factors: a more disperse population and the subsequently greater need for daily journeys, the complicated orography compared to other flatter provinces, the negative impact of its climatic conditions (variables not included in the models), and the over-confidence of their driving population, as the higher levels of driving in adverse weather conditions may lead drivers to overestimate the control of their vehicles in these situations.

Secondly, the higher risks of fatality and injury found for provinces such as Ávila, Toledo and Cuenca may well be generated by two factors not included in the models. One is the orography of these provinces since they are located in the Central Mountain Range (Ávila), the Mountains of Toledo (Toledo) and the Iberian Mountain System (Cuenca). The other is that the proximity of these provinces to Madrid makes them gateways to the northeast and southeast of Spain and also means their roads are subject to a greater number of workers travelling to and from the province of Madrid.

Thirdly, the fact that the provinces bordering on, or near to, the southeast of Portugal (Cáceres, Huelva, Seville and Badajoz) also present higher fatality and injury rates than the other provinces in the less economically developed group may be the result of various factors. The first is their geographical location. These provinces are situated between Portugal and the rest of the Spanish provinces, which makes them an area of transit. The second is the precarious rail infrastructure in the provinces of

Badajoz and Cáceres, demonstrating their lack of 21st century transport alternatives, with a deficient public transport system compared to other Spanish provinces, which may lead to a different configuration of journeys.

#### **4. CONCLUSIONS**

The aim of this study was to examine, on one hand, the differences across the Spanish provinces in the impact of their individual economic conditions on the risks of fatality, serious injury and slight injury, depending on their level of development, and on the other hand, to establish the geographical distribution of the fatality and injury rates in the provinces according to their level of per capita income. To this end, we estimated data panel models with PCSE estimators for the Spanish provinces, grouped according to the mean weight of their per capita GDP, with respect to that of the whole country in the period 2000-2015.

The models show disparities in the effect of interregional economic inequality on the fatality and injury rates, not only as an explanatory factor but also linked to the disparate effect of other factors related to the risk of dying or being injured in traffic accidents. The level of economic development (per capita GDP), the economic situation (unemployment rate) and the demographic concentration (population density) are revealed as key determinants in the fight against road accidents in the most developed provinces. Thus, it is essential for these provinces to review their road safety policies with regard to the control of the human factor given the relative effectiveness of the implementation of the penalty-points driving licence system in the study period.

The results of our study confirm that more developed transport (motorization rate) and road infrastructure (proportion of high capacity roads and investment in replacement per kilometre of existing road) should be utilised as tools for policy makers in the less economically developed countries in their battle against traffic accidents on interurban roads. The present study also advises the literature and politicians of the need to conduct an analysis of the effectiveness of the investment effort undertaken in all the Spanish provinces in the construction of new roads.

The methodology chosen for this study underlines the significance for road safety in Spain of the specific characteristics of the provinces. The estimations of the risks of fatality and injury according to the interregional economic equality of the provinces more precisely identify the areas or provinces with higher accident rates. The geographical distribution established in this research serves as a base for the future not only in scientific research but also to review road safety policies in Spain designed to fight against traffic accidents.

## REFERENCES

- Abdel-Aty, M. A., & Radwan, A. E. (2000). Modeling traffic accident occurrence and involvement. *Accident Analysis and Prevention*, 32(5), 633-642. doi:10.1016/S0001-4575(99)00094-9
- Albalade, D. (2008). Lowering blood alcohol content levels to save lives: The European Experience. *Journal of Policy Analysis and Management*, 27(1), 20-39. doi:10.1002/pam.20305
- Albalade, D., & Bel, G. (2012). Motorways, tolls and road safety: evidence from Europe. *SERIEs*, 3(4), pp. 457- 473. doi:10.1007/s13209-011-0071-6
- Albalade, D., Fernández, L., & Yarygina, A. (2013). The road against fatalities: Infrastructure spending vs. regulation?? *Accident Analysis and Prevention*, 59, pp. 227-239. doi:10.1016/j.aap.2013.06.008
- Anastasopoulos, P. C., & Mannering, F. L. (2009). A note on modeling vehicle accident frequencies with random-parameters count models. *Accident Analysis and Prevention*, 41, 153-159. doi:10.1016/j.aap.2008.10.005
- Anastasopoulos, P., Mannering, F., Shankar, V., & Haddock, J. (2012a). A study of factors affecting highway accident rates using the random-parameters tobit model. *Accident Analysis and Prevention*, 45, 628-633. doi:10.1016/j.aap.2011.09.015
- Anastasopoulos, P., Shankar, V., Haddock, J., & Mannering, F. (2012b). A multivariate tobit analysis of highway accident-injury-severity rates. *Accident Analysis and Prevention*, 45, 110-119. doi:10.1016/j.aap.2011.11.006
- Antoniou, C., Yannis, G., Papadimitriou, E., & Lasarre, S. (2015). Improving fatalities forecasting in times of recession in Europe. In *ITF/IRTAD, Why Does Road Safety Improve When Economic Times are Hard?* (pp. 143-168). Paris.
- Antoniou, C., Yannis, G., Papadimitriou, E., & Lassarre, S. (2016). Relating traffic fatalities to GDP in Europe on the long term. *Accident Analysis and Prevention*, 92, 89-96. doi:10.1016.j.aap.2016.03.025
- Aparicio Izquierdo, F., Arenas Ramírez, B., Mira McWilliams, J. M., & Páez Ayuso, J. (2011). The endurance of the effects of the penalty point system in Spain three years after. Main influencing factors. *Accident Analysis and Prevention*, 43(3), pp. 911-922. doi:10.1016/j.aap.2010.11.014
- Benedettini, S., & Nicita, A. (2009). Deterrence, Incapacitation and Enforcement Design. Evidence from Traffic Enforcement in Italy. *Quaderni del Dipartimento di Economia Politica, Università Degli Studi di Siena , Italy.*

- Bergel Hayat, R., Christoforou, Z., & Ferrière, S. (2015). The impact of the economic crisis on road mortality: an explanatory approach for some countries in Europe. In ITF/IRTAD, *Why Does Road Safety Improve When Economic Times are Hard?* (pp. 169-182). Paris.
- Bishai, D., Quresh, A., James, P., & Ghaffar, A. (2006). National road casualties and economic development. *Health Economics*, 15, 65-81. doi:10.1002/hec.1020
- Bougueroua, M., & Carnis, L. (2016). Economic development, mobility and traffic accidents in Algeria. *Accident Analysis and Prevention*, 92, 168-174. doi:10.1016/j.aap.2016.03.016
- Braunerhjelm, P., Acs, Z. J., Audretsch, D. B., & Carlsson, B. (2010). The missing link: knowledge diffusion and entrepreneurship in endogenous growth. *Small Business Economics*, 34(2), 105-125. doi:10.1007/s11187-009-9235-1
- Cafiso, S., Di Graziano, A., Di Silvestro, G., La Cava, G., & Persaud, B. (2010). Development of comprehensive accident models for two-lane rural highways using exposure, geometry, consistency and context variables. *Accident Analysis and Prevention*, 42, 1072-1079. doi:10.1016/j.aap.2009.12.015
- Castillo-Manzano, J. I., & Castro-Nuño, M. (2012). Driving licenses based on point systems: Efficient road safety strategy or latest fashion in global transport policy? A worldwide meta-analysis. *Transport Policy*, 21, 191-201. doi:10.1016/j.tranpol.2012.02.003
- Castillo-Manzano, J. I., Castro-Nuño, M., & Fageda, X. (2014). Can health public expenditure reduce the tragic consequences of road traffic accidents? The EU-27 experience. *The European Journal of Health Economics*, 15(6), 645-652. doi:10.1007/s10198-013-0512-1
- Castillo-Manzano, J. I., Castro-Nuño, M., & Fageda, X. (2015a). Are traffic violators criminals? Searching for answers in the experiences of European countries. *Transport Policy*, 38, 86-94. doi:10.1016/j.tranpol.2014.12.003
- Castillo-Manzano, J. I., Castro-Nuño, M., & Fageda, X. (2015b). Can cars and trucks coexist peacefully on highways? Analyzing the effectiveness of road safety policies in Europe. *Accident Analysis and Prevention*, 77, 120-126. doi:10.1016/j.aap.2015.01.010
- Castillo-Manzano, J. I., Castro-Nuño, M., & Fageda, X. (2016). Exploring the relationship between truck load capacity and traffic accidents in the European Union. *Transportation Research Part E*, 88, 94-109. doi:10.1016/j.tre.2016.02.003
- Castillo-Manzano, J. I., Castro-Nuño, M., & Pedregal, D. J. (2010). An econometric analysis of effects of the penalty points system driver's license in Spain. *Accident Analysis and Prevention*, 42(4), 1310-1319. doi:10.1016/j.aap.2010.02.009

- Charlton, S., & Starkey, N. (2013). Driving on familiar roads: Automaticity and inattention blindness. *Transportation Research Part F*, 19, 121-133. doi:10.1016/j.trf.2013.03.008
- Colonna, P., Intini, P., Berloco, N., & Ranieri, V. (2016). The influence of memory on driving behavior: How route familiarity is related to speed choice. An on-road study. *Safety Science*, 82, 456-468. doi:10.1016/j.ssci.2015.10.012
- Dadashova, B., Arenas-Ramírez, B., Mira-McWilliams, J., & Aparicio-Izquierdo, F. (2016). Methodological development for selection of significant predictors explaining fatal road accidents. *Accident Analysis and Prevention*, 90, 82-94. doi:10.1016/j.aap.2016.02.003
- Eisenberg, D. (2004). The mixed effects on precipitation on traffic crashes. *Accident Analysis and Prevention*, 36(4), pp. 637-647. doi:10.1016/S0001-4575(03)00085-X
- Eksler, V., Lassarre, S., & Thomas, I. (2008). Regional analysis of road mortality in Europe. *Public Health*, 122(9), pp. 826-837. doi:10.1016/j.puhe.2007.10.003
- Elvik, R. (2015). An analysis of the relationship between economic performance and the development of road safety. In ITF/IRTAD, *Why Does Road Safety Improve When Economic Times are Hard?* (pp. 43-142). Paris.
- Elvik, R. (2017). A synthesis of studies of access point density as a risk factor for road accidents. *Accident Analysis and Prevention*, 107, 1-10. doi:10.1016/j.aap.2017.07.006
- Farchi, S., Molino, N., Giorgi Rossi, P., Borgia, P., Krzyzanowski, M., Dalbokova, D., . . . European Road Accident Indicator Working Group. (2006). Defining a common set of indicators to monitor road traffic accidents in the European Union. *BMC Public Health*, 6:183. doi:10.1186/1471-2458-6-183
- Fridstrøm, L., & Ingebrigtsen, S. (1991). An aggregate accident model based on pooled, regional time-series data. *Accident Analysis and Prevention*, 23(5), 363-378.
- Fridstrøm, L., Ifver, J., Ingebrigtsen, S., Kulmala, R., & Thomsen, L. (1995). Measuring the contribution of randomness, exposure, weather, and daylight to the variation in road accident counts. *Accident Analysis and Prevention*, 27 (1), 1-20.
- Gerdtham, U., & Ruhm, C. (2006). Death rises in good economic times: Evidence from the OECD. *Economics and Human Biology*, 4(3), 298-316. doi:10.1016/j.ehb.2006.04.001
- Grimm, M., & Treibich, C. (2013). Determinants of road traffic crash fatalities across Indian states. *Health Economics*, 22(8), 915-930. doi:10.1002/hec.2870

- Hakim, S., Shefer, D., Hakker, A. S., & Hoeherman, I. (1991). A critical review of macro models for road accidents. *Accident Analysis and Prevention*, 23(5), 379-400.
- Hakkert, A., & Braimaister, L. (2002). The uses of exposure and risk in road safety studies. Leidschendam: SWOV Institute for Road Safety Research. Retrieved from <https://www.swov.nl/sites/default/files/publicaties/rapport/r-2002-12.pdf>
- Intini, P., Berloco, N., Colonna, P., Ranieri, V., & Ryeng, E. (2018). Exploring the relationships between drivers' familiarity and two-lane rural road accidents. A multi-level study. *Accident Analysis and Prevention*, 111, 280-296. doi:10.1016/j.aap.2017.11.013
- Jamroz, K. (2012). The impact of road network structure and mobility on the national traffic fatality rate. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 54, pp. 1370-1377. doi:10.1016/j.sbspro.2012.09.851
- Kopits, E., & Cropper, M. (2005). Traffic fatalities and economic growth. *Accident Analysis and Prevention*, 37, 169-178. doi:10.1016/j.aap.2004.04.006
- Kweon, Y.-J. (2015). What affects annual changes in traffic safety? A macroscopic perspective in Virginia. *Journal of Safety Research*, 53, pp. 17-21. doi:10.1016/j.jsr.2015.03.003
- La Torre, G., Van Beeck, E., Quaranta, G., Mannocci, A., & Ricciardi, W. (2007). Determinants of within-country variation in traffic accident mortality in Italy: a geographical analysis. *International Journal of Health Geographics*, 6:49. doi:10.1186/1476-072X-6-49
- Law, T. H. (2015). Factors associated with the relationship between non-fatal road injuries and economic growth. *Transport Policy*, 42, 166-172. doi:10.1016/j.tranpol.2015.06.004
- Law, T. H., Noland, R. B., & Evans, A. W. (2009). Factors associated with the relationship between motorcycle deaths and economic growth. *Accident Analysis and Prevention*, 41, 234-240. doi:10.1016/j.aap.2008.11.005
- Law, T. H., Noland, R. B., & Evans, A. W. (2011). The sources of the Kuznets relationship between road fatalities and economic growth. *Journal of Transport Geography*, 19, 355-365. doi:10.1016/j.jtrangeo.2010.02.004
- Ma, Z., Zhang, H., Chien, S. I.-J., Wang, J., & Dong, C. (2017). Predicting expressway crash frequency using a random effect negative binomial model: A case study in China. *Accident Analysis and Prevention*, 98, 214-222. doi:10.1016/j.aap.2016.10.012
- Nguyen-Hoang, P., & Yeung, R. (2014). Dollars for lives: The effect of highway capital investments on traffic fatalities. *Journal of Safety Research*, 51, 109-115. doi:10.1016/j.jsr.2014.09.008

- Noland, R. B. (2003). Traffic fatalities and injuries: the effect of changes in infrastructure and other trends. *Accident Analysis and Prevention*, 35, 599-611. doi:10.1016/S0001-4575(02)00040-4
- Noland, R. B., & Adediji, Y. (2018). Are estimates of crash modification factors mis-specified? *Accident Analysis and Prevention*, 118, 29-37. doi:10.1016/j.aap.2018.05.017
- Noland, R. B., & Quddus, M. A. (2004). A spatially disaggregate analysis of road casualties in England. *Accident Analysis and Prevention*, 36, 973-984. doi:10.1016/j.aap.2003.11.001
- Noland, R. B., & Zhou, Y. (2017). Has the great recession and its aftermath reduced traffic fatalities? *Accident Analysis and Prevention*, 98, 130-138. doi:10.1016/j.aap.2016.09.011
- Noland, R. B., Klein, N. J., & Tulach, N. K. (2013). Do lower income areas have more pedestrian casualties? *Accident Analysis and Prevention*, 59, 337-345. doi:10.1016/j.aap.2013.06.009
- Novoa, A. M., Pérez, K., Santamariña-Rubio, E., Marí-Dell'Olmo, M., Ferrando, J., Peiró, R., . . . Borrell, C. (2010). Impact of the Penalty Points System on Road Traffic Injuries in Spain: A Time-Series Study. *American Journal of Public Health*, 100(11), pp. 2220-2227. doi:10.2105/AJPH.2010.192104
- OECD, Eurostat, & UNECE. (2010). *Illustrated Glossary for Transport Statistics 4th Edition*. Paris: OECD Publishing. doi:10.1787/9789282102947-en
- Papadimitriou, E., Yannis, G., Bijleveld, F., & Cardoso, J. L. (2013). Exposure data and risk indicators for safety performance assessment in Europe. *Accident Analysis and Prevention*, 60, 371-383. doi:10.1016/j.aap.2013.04.040
- Pei, X., Wong, S. C., & Sze, N. N. (2012). The roles of exposure and speed in road safety analysis. *Accident Analysis and Prevention*, 48, 464-471. doi:10.1016/j.aap.2012.03.005
- Peltzman, S. (1975). The effects of automobile safety regulation. *Journal of Political Economy*, 83(4), pp. 677-725.
- Rangel, T., & Vasallo, J. M. (2015). Modeling the effect of contractual incentives on road safety performance. *Transport policy*, 40, 17-23. doi:10.1016/j.tranpol.2015.02.009
- Rangel, T., Vassallo, J. M., & Herraiz, I. (2013). The influence of economic incentives linked to road safety indicators on accidents: The case of toll concessions in Spain. *Accident Analysis and Prevention*, 59, 529-536. doi:10.1016/j.aap.2013.07.014
- Rivas-Ruiz, F., Perea-Milla, E., & Jiménez-Puente, A. (2007). Geographic variability of fatal road traffic injuries in Spain during the period 2002-2004: an ecological study. *BMC Public Health*, 7:266. doi:10.1186/1471-2458-7-266

- Rodríguez-López, J., Marrero, G. A., González, R. M., & Leal-Linares, T. (2016). Road accidents and business cycles in Spain. *Accident Analysis and Prevention*, 96, 46-55. doi:10.1016/j.aap.2016.07.029
- Roselló, J., & Saenz-de-Miera, Ó. (2011). Road accidents and tourism: the case of the Balearic Islands (Spain). *Accident Analysis and Prevention*, 43, pp. 675-683. doi:10.1016/j.aap.2010.10.011
- Sánchez, M. P., Escribano, F., & Tejada, Á. (2018a). Data on the determinants of the risk of fatalities, serious injuries and light injuries in traffic accidents on interurban roads in Spain. *Data in Brief*, 18, 1941-1944.
- Sánchez, M. P., Escribano, F., & Tejada, Á. (2018b). Impact of provincial characteristics on the number of traffic accidents victims on interurban roads in Spain. *Accident Analysis and Prevention*, 118, 178-189.
- Santamariña-Rubio, E., Pérez, K., Olabarria, M., & Novoa, A. (2013). Measures of exposure to road traffic injury risk. *Injury Prevention*, 19, pp. 436-439. doi:10.1136/injuryprev-2012-040686
- Scuffham, P. A. (2003). Economic factors and traffic crashes in New Zealand. *Applied Economics*, 35, 179-188. doi:10.1080/0003684022000017566
- Söderlund, N., & Zwi, A. B. (1995). Traffic-related mortality in industrialized and less developed countries. *Bulletin of the World Health Organization*, 73(2), 175-182.
- Tolón-Becerra, A., Lastra-Bravo, X., & Flores-Parra, I. (2013). National and regional analysis of road accidents in Spain. *Traffic Injury Prevention*, 14, 486-495. doi:10.1080/15389588.2012.726384
- Traynor, T. L. (2008). Regional economic conditions and crash fatality rates - a cross-country analysis. *Journal of Safety Research*, 39, 33-39. doi:10.1016/j.jsr.2007.10.008
- Traynor, T. L. (2009a). The impact of state level behavioral regulations on traffic fatality rates. *Journal of Safety Research*, 40, 421-426. doi:10.1016/j.jsr.2009.10.003
- Traynor, T. L. (2009b). The relationship between regional economic conditions and the severity of traffic crashes. *Traffic Injury Prevention*, 10, 638-374. doi:10.1080/15389580902995174
- Van Beeck, E. F., Borsboom, G. J., & Mackenbach, J. P. (2000). Economic development and traffic accident mortality in the industrialized world, 1962-1990. *International Journal of Epidemiology*, 29, 503-509. doi:10.1093/ije/29.3.503
- Van Beeck, E. F., Mackenbach, J. P., Looman, C. W., & Kunst, A. E. (1991). Determinants of Traffic Accident Mortality in the Netherlands: A Geographical Analysis. *International Journal of Epidemiology*, 20(3), 698-706. doi:10.1093/ije/20.3.698

- Wang, C., Quddus, M. A., & Ison, S. G. (2009). Impact of traffic congestion on road accidents: A spatial analysis of the M25 motorway in England. *Accident Analysis and Prevention*, 41, 798-808. doi:10.1016/j.aap.2009.04.002
- Wang, C., Quddus, M. A., & 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. doi:10.1016/j.ssci.2013.02.012
- Wegman, F., Allsop, R., Antoniou, C., Bergel Hayat, R., Elvik, R., Lassarre, S., . . . Wijen, W. (2017). How did the economic recessions (2008-2010) influence traffic fatalities in OECD-countries? *Accident Analysis and Prevention*, 102, 51-59. doi:10.1016/j.aap.2017.01.022
- World Health Organisation. (2013). Global status report on road safety 2013: supporting a decade of action. Retrieved from [http://www.who.int/violence\\_injury\\_prevention/road\\_safety\\_status/2013/report/es/](http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2013/report/es/)
- World Health Organisation. (2015). Global status report on road safety 2015. Retrieved from [http://www.who.int/violence\\_injury\\_prevention/road\\_safety\\_status/2015/en/](http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/en/)
- Wu, J., & Xu, H. (2018). The influence of road familiarity on distracted driving activities and driving operation using naturalistic driving study data. *Transportation Research Part F*, 52, 75-85. doi:10.1016/j.trf.2017.11.018
- Yakovlev, P., & Inden, M. (2010). Mind the weather: A Panel Data Analysis of Time-Invariant Factors and Traffic Fatalities. *Economics Bulletin*, 30(4), pp. 2685-2696.
- Yannis, G., Papadimitriou, E., & Folla, K. (2014). Effect of GDP changes on road traffic fatalities. *Safety Science*, 63, 42-49. doi:10.1016-j.ssci.2013.10.017
- Zeng, Q., Wen, H., Huang, H., & Abdel-Aty, M. (2017a). A Bayesian spatial random parameters Tobit model for analyzing crash rates on roadway segments. *Accident Analysis and Prevention*, 100, 37-43. doi:10.1016/j.aap.2016.12.023
- Zeng, Q., Wen, H., Huang, H., Pei, X., & Wong, S. (2017b). A multivariate random-parameters Tobit model for analyzing highway crash rates by injury severity. *Accident Analysis and Prevention*, 99, 184-191. doi:10.1016/j.aap.2016.11.018
- Zlatoper, T. J. (1991). Determinants of motor vehicle deaths in the United States: A cross-sectional analysis. *Accident Analysis and Prevention*, 23(5), 431-436.











# PUBLICACIONES REFERENTES AL CAPÍTULO

IV

---





Elsevier España, SLU  
Av. Josep Tarradellas, 20-30 1ª Planta  
08029 Barcelona  
Spain  
t +34 932000711  
f +34 932091136  
elsevier.com

Empowering Knowledge

D<sup>a</sup>. M<sup>a</sup> Eugenia Eisman, en calidad de Publishing Editor de Elsevier España, S.L.U.

**CERTIFICA:**

Que los Dres. María Pilar Sánchez González, Francisco Escribano Sotos y Ángel Tejada Ponce constan como autores del artículo "Ahorros de costes provinciales en los accidentes viales en España (2000-2014)" (Ref. GACETA-D-18-00462R2) que se ha publicado en la revista Gaceta Sanitaria.

Para que así conste y a petición de la Dra. María Pilar Sánchez González, firmo el presente en Barcelona a tres de junio de dos mil diecinueve.

M<sup>a</sup> Eugenia Eisman  
Publishing Editor



## AHORROS DE COSTES PROVINCIALES EN LOS ACCIDENTES VIALES EN ESPAÑA (2000-2014)

María Pilar Sánchez González<sup>a,\*</sup>, Francisco Escribano Sotos<sup>a</sup> y Ángel Tejada Ponce<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de Albacete. Universidad de Castilla – La Mancha. España.

### \*Correspondencia

María Pilar Sánchez González

Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de Albacete

Plaza de la Universidad, 1

02071, Albacete (España); Tel.: +34 967 599200 Ext. 2345

[MPilar.Sanchez@uclm.es](mailto:MPilar.Sanchez@uclm.es)

### Recuento de palabras

Resumen español: 189 palabras

Resumen inglés: 180 palabras

Manuscrito principal: 2.992 palabras



### **Contribución de autoría**

M.P. Sánchez González: idea del estudio, diseño del estudio, recogida y tratamiento de los datos, redacción del artículo y aprobación de la versión final para su publicación. F. Escribano Sotos: redacción del artículo y aprobación de la versión final para su publicación. Á. Tejada Ponce: redacción del artículo y aprobación de la versión final para su publicación. Todos los autores revisaron críticamente el manuscrito y están de acuerdo con su versión final.

### **Declaración de transparencia**

La autora principal (garante responsable del manuscrito), en nombre del resto de las personas firmantes, garantiza la precisión, transparencia y honestidad de los datos y la información contenida en el estudio que se remite a GACETA SANITARIA, que no se han omitido aspectos importantes del estudio, y que las discrepancias del estudio entre autores han sido adecuadamente resueltas y descritas.

### **Financiación**

Ninguna.

### **Conflicto de intereses**

Ninguno.

### **¿Qué se sabe sobre el tema?**

El permiso de conducción por puntos ha sido efectivo para reducir la siniestralidad vial en España. Esta efectividad en conjunto no implica un efecto similar para las provincias españolas: disparidades económicas o sociodemográficas pueden incidir en la efectividad de dicha política.

### **¿Qué añade el estudio realizado a la literatura?**

El estudio descriptivo evidencia que existen indicios de una diferente efectividad del permiso de conducción por puntos en las provincias españolas. Sus resultados sirven de base para investigar la relación entre el ahorro de costes logrado tras la aplicación del permiso de conducción por puntos y las características socioeconómicas provinciales.

## AHORROS DE COSTES PROVINCIALES EN LOS ACCIDENTES VIALES EN ESPAÑA (2000-2014)

### PROVINCIAL SAVINGS OF COSTS IN ROAD ACCIDENTS IN SPAIN (2000-2014)

#### RESUMEN

**Objetivo.** El objetivo de este estudio fue cuantificar los beneficios económicos conseguidos antes y después de la implantación del permiso de conducción por puntos en las vías interurbanas en España.

**Métodos.** Estudio descriptivo a través de la construcción de tres indicadores que expresaron el ahorro de costes por el número de víctimas evitadas. Definimos dos períodos respecto al objetivo y se recopilaron datos de muertos, heridos graves y heridos leves en vías interurbanas en 1999-2014 para cada provincia española. Así, se utilizaron para cada provincia datos de su población, PIB o número de vehículos-kilómetros recorridos en sus vías (MVKR). La cuantificación del ahorro se obtuvo utilizando las cifras oficiales de costes para cada tipo de víctima en precios de 2014.

**Resultados.** El ahorro por habitante en muertos en el período de vigencia del permiso de conducción por puntos se situó entre 3,89 € y 19,65 € anuales. El ahorro en heridos graves por MVKR se redujo un 15%-66% en 2006/14, siendo anualmente desde 449,15 € a 1.707,88 €.

**Conclusiones.** Durante el período de vigencia del permiso de conducción por puntos las provincias españolas han conseguido importantes ahorros de costes.

#### ABSTRACT

**Objective.** The aim of this study was to quantify cost savings obtained before and after the implementation of the penalty-points driving licence on the interurban roads in Spain.

**Methods.** Descriptive study through the construction of three indicators that expressed the cost savings by the number of victims avoided. We defined two periods according to the objective and collected data on fatalities, serious injuries and slight injuries on interurban roads in 1999-2014 for each Spanish province. Thus, data for its population, GDP or number of vehicles-kilometres travelled on its roads (MVKT) were used for each province. The quantification of savings was obtained using official figures of costs for each type of victim in 2014 prices.

**Results.** The cost savings per inhabitant in fatalities in the period of validity of the penalty-points driving licence was between € 3.89 and € 19.65 per year. Savings in serious injuries by MVKT was reduced by 15%-66% in 2006/14, being annually from € 449.15 to 1,707.88 €.

**Conclusions.** During the period of validity of the penalty-points driving licence, the Spanish provinces have achieved significant cost savings.

**Palabras clave:** Accidentes de tránsito, mortalidad, lesiones, Salud Pública, medidas de intervención, población, Producto Interior Bruto, ahorro de costes.

**Keywords:** Traffic accidents, mortality, wounds and injuries, Public Health, intervention measures, population, Gross National Product, cost savings.

## INTRODUCCIÓN

Los accidentes de tráfico se han convertido en uno de los principales problemas de salud pública a nivel mundial, por lo que cada vez son más los organismos que prestan su atención a este problema. La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible ha definido como uno de sus objetivos *“conseguir una reducción del 50% de las muertes y traumatismos generados por la siniestralidad vial”*, fundamentado en la gran carga social, sanitaria y económica que suponen los accidentes viales<sup>1</sup>.

Uno de los conceptos más utilizados en la valoración económica de los accidentes de tráfico es el valor de una vida estadística (costes humanos): cantidad de dinero que la sociedad está dispuesta a pagar por reducir el riesgo de fallecimiento en un siniestro vial<sup>2</sup>. Su importancia en la definición del coste de los accidentes viales, asociada al sufrimiento y la pérdida de calidad de vida tanto de las víctimas como de sus familiares, hace necesaria una valoración apropiada para lograr una adecuada evaluación de la idoneidad de las medidas de seguridad vial<sup>3-4</sup>. En España, dos estudios han cifrado el coste de su siniestralidad vial en 6.280 y 9.039 millones de €<sup>5-6</sup>, lo que supone 157 € y 205 € por habitante respectivamente. Otras investigaciones, cuyas poblaciones de estudio han sido unidades territoriales inferiores (ciudad o Comunidad Autónoma), han valorado ese coste entre 144 y 1.678 millones de €<sup>7-10</sup>, representando por habitante de 147 € a 610 €. Estas disparidades en las estimaciones de las diferentes investigaciones se producen, principalmente, por la elección de períodos de estudio diferentes, el diferente nivel de siniestralidad vial de la unidad territorial escogida y el método aplicado para cifrar el valor del coste humano.

El elevado costo que suponen los accidentes de tráfico ha obligado a muchos países a implementar medidas legislativas en materia de seguridad vial para reducir su siniestralidad, por lo que éstas se han convertido en una de las principales herramientas para modificar la tasa de accidentalidad<sup>11</sup>. Aunque las intervenciones en seguridad vial tratan de modificar los tres elementos que inciden en ella (vehículo, infraestructura y factor humano)<sup>12</sup>, la consideración del factor humano como uno de los causantes principales<sup>13</sup> ha llevado a la mayoría de los países a centrar sus esfuerzos en mejorar este elemento, principalmente mediante la implementación de una licencia de conducción por puntos. Los resultados logrados por otros países<sup>14</sup>, con un efecto sobre la sensibilización y contra la reincidencia<sup>15</sup>, impulsaron a España a aplicar un sistema de permiso y licencia de conducción por puntos (en adelante, permiso por puntos) en 2006<sup>16</sup>. Precisamente, su carácter reeducador y su efecto sancionador<sup>17,18</sup> así como el apoyo

con la reforma del Código Penal en materia de seguridad vial en 2007<sup>19</sup> han sido claves para su efectividad, contribuyendo en el logro del objetivo en materia de seguridad vial impuesto por la Unión Europea de reducir en un 50% los fallecidos en vías interurbanas en el período 2001-2010<sup>20</sup> e incidiendo positivamente en el uso del cinturón de seguridad, la reducción de los excesos de velocidad o los controles de alcoholemia positivos<sup>21</sup>.

La consecución de buenos resultados con la implantación del permiso por puntos a nivel nacional<sup>22</sup> no implica que, necesariamente, todas las provincias españolas hayan logrado resultados similares. Disparidades entre las provincias en factores tradicionalmente asociados a la siniestralidad vial como el nivel de desarrollo económico<sup>23,24</sup>, las condiciones sociodemográficas o climatológicas<sup>22</sup> o la mejora de la infraestructura vial<sup>25</sup>, entre otros, pueden generar disparidades en la reducción del número de víctimas y, por ende, en el ahorro de costes por el número de víctimas evitadas.

El objetivo de la investigación es analizar dichas disparidades, por lo que se pretende determinar si en el período en el que está implantado el permiso por puntos se han conseguido beneficios económicos superiores a los registrados en el período previo a su implantación en las vías interurbanas, examinando qué diferencias existen entre las provincias españolas en función del desemejante nivel de diversos factores relacionados con la siniestralidad vial.

## MÉTODOS

En el estudio se definieron dos períodos delimitados en base a la aplicación del permiso por puntos: 2000-2005, con ausencia del permiso, y 2006-2014, en el que el permiso por puntos está vigente. La efectividad constatada de esta medida desde su entrada en vigor<sup>17,26</sup> justificó la elección de 2006 como año para delimitar los períodos.

Se diferenciaron los resultados por tipos de víctima según gravedad de la lesión conforme establecen la Orden Ministerial del 18 de febrero de 1993 por la que se modifica la estadística de accidentes de circulación y las definiciones establecidas por la Unión Europea en el Glosario de Transporte<sup>27</sup>. Según éstas, se define como muerto *“a toda persona que, como consecuencia del accidente, fallece en el acto o dentro de los treinta días siguientes”*, herido grave *“a toda persona herida en un accidente de circulación y cuyo estado precise una hospitalización superior a veinticuatro horas”* y herido leve *“a toda persona herida en un accidente de circulación al que no pueda aplicarse la definición de herido grave”*<sup>28</sup>. Se utilizaron las observaciones de estas variables de una base de datos<sup>29</sup> cuya fuente principal fueron los Anuarios Estadísticos de

Accidentes de la Dirección General de Tráfico (DGT), al ser considerada la fuente de registro más precisa para la evaluación económica de la accidentalidad<sup>5</sup>. En la Tabla I del Apéndice. Material online se presentan las tasas de mortalidad y lesividad de todas las provincias españolas en los dos períodos definidos.

Para cuantificar los ahorros de costes se utilizaron los valores obtenidos por dos estudios financiados por la DGT<sup>3,30-31</sup>. En precios de 2011, cuantificaron en 1.400.000 € el valor de prevenir un fallecido, 219.000 € el de un herido no mortal (grave) y 6.100 € el de un herido no mortal (leve), basando su valoración en el valor de una vida estadística mediante el método de disponibilidad a pagar, las pérdidas netas de output (brutas para los heridos) y los costes médicos. Se emplearon estas cifras por dos motivos: primero, por ser las cifras oficiales que maneja la DGT<sup>32</sup> y segundo, porque el método utilizado para su obtención, el método de disposición a pagar, es el más usado para valorar el coste de la accidentalidad de los países<sup>33,34</sup>. Mishan<sup>35</sup> sugirió que este método es el más idóneo para valorar económicamente los accidentes de tráfico, ya que con él son los individuos los que establecen qué cantidad de dinero estarían dispuestos a pagar por reducir el riesgo de sufrir un siniestro vial. En nuestra investigación, con el fin de conseguir costes más homogéneos y comparables, se expresaron estos costes en euros de 2014<sup>36</sup> mediante el Índice de Precios al Consumo (IPC) y con la tasa de crecimiento del PIB per cápita real de España<sup>37,38</sup> se actualizaron para cada año, consiguiendo la pretendida homogeneidad y comparabilidad, cambiando ligeramente cada año por la variación de la renta real.

Se construyeron tres indicadores por cada tipo de víctima para conseguir nuestro objetivo de análisis. Se definió el término víctima evitada como la diferencia entre el número de víctimas en el año  $t$  y las del año  $t + 1$ , en base a la metodología empleada en otras investigaciones<sup>39</sup>. La elección del cálculo de esa diferencia entre años consecutivos en lugar de obtenerla respecto a un año base pretendió evitar una sobreestimación del ahorro de costes. Además, con esa definición se pueden tener en cuenta las medidas y acciones realizadas en seguridad vial anualmente en cada una de las provincias españolas en los períodos definidos. El ahorro de costes anual se expresó en función del PIB, de la población y del número de kilómetros que se recorren en las vías interurbanas (millón de vehículos-kilómetros recorridos)<sup>40</sup>. El índice  $t$  indica el año de estudio y  $n$  el número de años que comprenden los períodos establecidos:

**INDICADOR 1.** AHORRO MEDIO ANUAL POR HABITANTE POR NÚMERO DE VÍCTIMAS EVITADAS

$$\Sigma \left( \frac{\left( \text{Víctimas según gravedad de la lesión}_t - \text{Víctimas según gravedad de la lesión}_{t+1} \right) \times \text{Coste víctima}_{t+1}}{\text{Población}_{t+1}} \right) / n$$

**INDICADOR 2.** % SOBRE PIB DEL AHORRO MEDIO ANUAL POR NÚMERO DE VÍCTIMAS EVITADAS

$$\Sigma \left( \frac{\left( \text{Víctimas según gravedad de la lesión}_t - \text{Víctimas según gravedad de la lesión}_{t+1} \right) \times \text{Coste víctima}_{t+1}}{\text{Producto Interior Bruto}_{t+1}} \right) / n$$

**INDICADOR 3.** AHORRO MEDIO ANUAL POR MILLÓN DE VEH-KM RECORRIDOS (MVKR) POR NÚMERO DE VÍCTIMAS EVITADAS

$$\Sigma \left( \left( \frac{\text{Víctimas según gravedad de la lesión}_t}{\text{Millón de veh - km recorridos}_t} \right) - \left( \frac{\text{Víctimas según gravedad de la lesión}_{t+1}}{\text{Millón de veh - km recorridos}_{t+1}} \right) \right) \times \text{Coste víctima}_{t+1} / n$$

La estratificación de las provincias españolas se consiguió aplicando un análisis de agrupamiento jerárquico. Para ello, se seleccionaron ocho variables de control<sup>22</sup>: PIB per cápita, tasa de paro, altura, precipitaciones, densidad de población, tasa de motorización, proporción de vías de alta capacidad e inversión por kilómetro de vía interurbana. Se realizó la agrupación en STATA aplicando el método de Ward, principalmente por su capacidad para minimizar la varianza intragrupos, lo que evidenció grupos de provincias más homogéneos que con otros métodos. En la figura 1 se observa el dendograma obtenido mediante el método de Ward, estratificando las provincias españolas en cinco grupos. En el Apéndice. Material online, se proporciona la Tabla II con los resultados de los tres indicadores en las provincias sin estratificar en grupos.

Finalmente, se obtuvo la media en cada grupo de los resultados alcanzados en los tres indicadores. Con ello, la hipótesis de partida de trabajo fue la consecución de mayores beneficios económicos durante el período de vigencia definido del permiso por puntos respecto al período previo a su implementación en todos los estratos de provincias. La Tabla 1 presenta la composición y las características que definen a cada estrato de provincias.

## RESULTADOS

Los resultados se presentan diferenciados según gravedad de la lesión e indicador (Tabla 2).

Los **ahorros de costes en muertos** por habitante y sobre el PIB en el grupo 2 crecieron un 221% y 210% respectivamente, lo que lleva a que, en 2006/14, el ahorro anual sea de 19,65 €/habitante, representando un 0,0935% del PIB. Por el contrario, el grupo 5 experimentó una reducción del 42% de esos ahorros, lo que supuso 3,89 €/habitante (0,0123% del PIB) en 2006/14. La relativización del ahorro de costes por MVKR evidencia desemejanzas importantes entre los grupos: mientras el grupo 4 ahorró anualmente 2.406,55 € por MVKR en 2006/14, por lo que creció un 24%, los grupos 3 y 5 redujeron dicho ahorro en un 55%, cifrándolo en 1.622,41 € y 889,65 € por MVKR respectivamente en el segundo período.

El **ahorro de costes en heridos graves** presenta un patrón parecido al de muertos. El grupo 2 incrementó sus ahorros anuales por habitante y respecto al PIB un 896% y 1.265% respectivamente, situándose en 16,27 €/habitante y un 0,0779% del PIB en 2006/14. Al igual que en el primer tipo de víctima, el grupo 5 de provincias redujo un 54%-56% sus ahorros anuales de costes por habitante y respecto al PIB en 2006/14, siendo en 2 €/habitante y un 0,0064% del PIB. El grupo 2 fue el único grupo que logró ahorros de costes superiores por MVKR (1.707,88 €/MVKR), con un crecimiento del 103%. El resto de los grupos registraron reducciones del indicador 3, situándose dicho ahorro entre 449,15 €/MVKR (grupo 5) y 1.239,52 €/MVKR (grupo 4) en 2006/14.

Finalmente, la evolución del **ahorro de costes en heridos leves** es muy dispar entre los estratos. Los grupos 1, 4 y 5 lograron mejoras evidentes en el segundo período: ahorraron anualmente 0,13 €, 0,31 € y 0,14 € por habitante respectivamente (0,0007%, 0,0012% y 0,0004% del PIB) frente al mayor coste anual de 0,13 €, 0,01 € y 0,32 € por habitante en el que incurrieron en el período previo. Finalmente, los resultados del indicador 3 revelan que el grupo 5 logró en 2006/14 un ahorro anual de 11,34 €/MVKR, lo que supuso un resultado positivo respecto al mayor coste anual (27,65 €/MVKR) en el que incurrió en el período previo. Por el contrario, en el grupo 1 se produjo una reducción del 75% en el ahorro de costes por MVKR, lo que determinó un ahorro anual de 10,21 €/MVKR en 2006/14.

## DISCUSIÓN

Esta investigación evidencia que durante el período 2006/14 los ahorros de costes por habitante y sobre el PIB originados por el número de víctimas evitadas en las provincias españolas fue, por lo general, superior al del 2000/05 en la mayoría de los grupos, en consonancia con la literatura científica<sup>17,18,26,41</sup>. Este resultado positivo también puede

constatarse con la relativización de dicho ahorro sobre el coste (Figuras 2 y 3). Por el contrario, el menor ahorro de costes por MVKR experimentado por los grupos 1, 3 y 5 en 2006/14 respecto al primer período puede ser considerado un signo indicativo de una efectividad inferior a la deseada<sup>14,42</sup>, si bien es cierto que la metodología descriptiva no permite establecer causalidad ni relación. La figura 4 muestra reducciones del peso de dicho ahorro sobre el coste en algunos grupos y tipos de víctimas.

La estratificación de las provincias españolas por un conjunto de variables asociadas a la siniestralidad vial dota al estudio de un enfoque innovador en el estudio de la siniestralidad vial en España, con escasa literatura científica que utilice las provincias como unidad territorial<sup>25,43,44</sup>. La inclusión de variables confusoras en la estratificación tales como las condiciones económicas, la calidad de la infraestructura o la orografía permiten intuir, aunque no evidenciar, su relación con el ahorro de costes y su efecto caracterizador en cada provincia. Precisamente, diferencias provinciales en factores como las variables confusoras seleccionadas pueden explicar la disparidad de sus tasas de mortalidad o lesividad<sup>45</sup>.

Gran parte de las provincias de la mitad norte de España, exceptuando Madrid y Toledo, componen los grupos (2 y 4) que mejores resultados registran, un hallazgo similar a lo obtenido en alguna otra investigación<sup>44</sup>. Posiblemente, estos resultados puedan producirse por un efecto similar de las características específicas de estas provincias en su riesgo de mortalidad y lesividad<sup>22</sup>. Además, se debe poner en evidencia el gran logro de estas provincias considerando que su riesgo de mortalidad estimado a mitad del primer período es mayor al resto de provincias<sup>45</sup>. Las variables de control seleccionadas informan de las principales características de estos dos grupos como conjuntos: ambos presentan un nivel medio de renta per cápita y tasa de paro, un gran nivel de altura y bajo volumen de precipitaciones, baja densidad de población, alta tasa de motorización, menor proporción de vías de alta capacidad y menor volumen de inversión por kilómetro de vía.

Conviene destacar que la metodología escogida para cuantificar el ahorro de costes es utilizada por muy pocos estudios<sup>39</sup>. Así, se considera que al redefinir el cálculo de víctima evitada el estudio consigue un carácter más conservador, sólido y realista, con resultados mucho más prudentes al tener en cuenta el nivel de accidentalidad de cada provincia en el año precedente, es decir, al considerar con ello las medidas, acciones y mejoras que han podido realizarse en cada provincia española. Aunque esta metodología define al estudio como un trabajo

descriptivo, los resultados obtenidos nos sirven de base para futuras investigaciones en siniestralidad vial.

La utilización en este estudio de valoraciones oficiales de víctimas basadas en la metodología de “disposición a pagar” conduce a estimaciones de ahorros de costes más aproximadas a la realidad que las basadas en enfoques como el de indemnizaciones o capital humano. Los resultados obtenidos adquieren, por ello, gran relevancia no sólo para los decisores políticos sino para la comunidad científica. Gran parte de los países europeos utilizan el enfoque de disposición a pagar en sus valoraciones, lo que puede contribuir en futuras investigaciones a elaborar estudios comparativos del ahorro de costes por las víctimas evitadas por cualquier política, en base al análisis coste-beneficio usado para valorar las actuaciones en seguridad vial<sup>46,47</sup>. Por ello, es necesaria una armonización internacional en las valoraciones económicas de las víctimas de accidentes de tráfico<sup>48,49</sup>.

## CONCLUSIONES

Los hallazgos de esta investigación no sólo contribuyen a la literatura científica, sino que se convierten en un punto de partida de dos de nuestras futuras líneas de investigación. Por un lado, averiguar qué efecto tiene la variación anual de las variables de control seleccionadas en el ahorro de costes tanto en conjunto como en los grupos delimitados y, por otro lado, tratar de realizar un análisis coste-beneficio de la implementación del permiso por puntos en cada uno de los grupos. Con ellas, podremos contribuir a un mayor conocimiento de la siniestralidad vial en España, cuya aplicación podrá mejorar los niveles de accidentalidad tanto en vías urbanas como interurbanas.

La investigación no está exenta de ciertas limitaciones. En primer lugar, la metodología aplicada no permite establecer asociaciones de causalidad entre las características de las variables y los indicadores definidos. En segundo lugar, los estudios financiados por la DGT aconsejan la revisión de las cifras de coste utilizadas con una periodicidad decenal, principalmente por el carácter cambiante de las expectativas y preferencias de los ciudadanos. La inexistencia de esa revisión obligó a usar las cifras disponibles, asumiendo una infravaloración de los resultados al ser cada vez mayor la demanda de seguridad vial, lo que se traduce en una mayor valoración del coste de las víctimas de siniestros viales. Al utilizarlas, se presupone que las preferencias de los ciudadanos no han cambiado. En tercer lugar, la falta de control de variables confusoras, con un posible efecto en los indicadores establecidos, puede conducir a resultados con cierto

grado de inexactitud. Finalmente, se puede ocasionar la denominada falacia ecológica infiriendo conclusiones para cualquiera de las provincias a partir de los resultados del grupo al que pertenece.

Estas limitaciones deben servir para comprender la complejidad de la siniestralidad vial como problema de salud pública. Complejidad causada no sólo por los factores principales (vehículo, infraestructura y factor humano), sino también por un entramado de factores como el nivel de desarrollo económico, la proximidad geográfica de los núcleos urbanos, el desarrollo del transporte público o las diferencias sociales en la conducción, entre otros muchos. La existencia de estas limitaciones no impide poder afirmar que la implantación del permiso por puntos ha supuesto una gran herramienta en la lucha de las provincias españolas para mejorar la salud pública.

Puede consultarse material adicional a este artículo en su versión electrónica, disponible en DOI:

## REFERENCIAS

1. World Health Organization. Global status report on road safety 2015. Geneva: World Health Organization; 2015. Disponible en: [http://www.who.int/violence\\_injury\\_prevention/road\\_safety\\_status/2015/en/](http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/en/)
2. Miller, TR. Variations between countries in values of statistical life. *Journal of Transport Economics and Policy*. 2000; 34: 169–188.
3. Martínez JE, Sánchez FI, Abellán JM, et al. La valoración monetaria de los costes humanos de la siniestralidad vial en España. *Gac Sanit*. 2015; 29: 76-78. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2015.02.001>
4. Wijnen W, Wesemann P, De Blaeij A. Valuation of road safety effects in cost–benefit analysis. *Eval Program Plann*. 2009; 32: 326-331.
5. Lladó A, Roig R. El coste de los accidentes de tráfico en España en 2004. Una consideración especial de la accidentalidad entre los jóvenes. En Comisión de expertos para el estudio de la problemática de los jóvenes y la seguridad vial. Jóvenes y conducción: un derecho y una responsabilidad. Barcelona: Fundación RACC Automóvil Club; 2007.
6. López J, Serrano P, Duque B. The economic costs of traffic accidents in Spain. *J Trauma*. 2004; 56: 883–889. <http://dx.doi.org/10.1097/01.TA.0000069207.43004.A5>
7. Pereira R. Aspectos socioeconómicos dos accidentes de tráfico en Galicia. *Revista Galega de Economía*. 2007; 16: 157-176
8. López J, Serrano P, Duque B, et al. Los costes socioeconómicos de los accidentes de tráfico en las Islas Canarias en 1997. *Gac Sanit*. 2001; 15: 414–422. [http://dx.doi.org/10.1016/S0213-9111\(01\)71595-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0213-9111(01)71595-6).
9. García-Altés A, Puig-Junoy J. What is the social cost of injured people in traffic collisions? An assessment for Catalonia. *J Trauma*. 2011; 70: 744–750. <http://dx.doi.org/10.1097/TA.0b013e3181eaaa5b>.
10. García-Altés A, Pérez K. The economic cost of road traffic crashes in an urban setting. *Inj Prev*. 2007; 13: 65–68. <http://dx.doi.org/10.1136/ip.2006.012732>
11. Naumann RB, Dellinger AM, Zaloshnja E, et al. Incidence and total lifetime costs of motor vehicle-related fatal and nonfatal injury by road user type, United States, 2005. *Traffic Inj Prev*. 2010; 11: 353–360. <https://doi.org/10.1080/15389588.2010.486429>

12. Novoa AM, Pérez C, Borrell C. Efectividad de las intervenciones de seguridad vial basadas en la evidencia: una revisión de la literatura. *Gac Sanit.* 2009; 23: 553.e1-553.e14. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2009.04.006>
13. Montoro L. Estrategias para la prevención de los accidentes de tráfico. En Vidales C y Mera A editores. *Seguridad Vial (Especial referencia a la reforma operada en el Código Penal mediante la Ley Orgánica 15/2007, de 30 de noviembre)*. Valencia: Tirant lo Blanch; 2008. p. 15-26.
14. Castillo-Manzano JI, Castro-Nuño M. Driving licenses based on points systems: Efficient road safety strategy or latest fashion in global transport policy? A worldwide meta-analysis. *Transp Policy.* 2012; 21: 191-201. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2012.02.003>
15. Dirección General de Tráfico. *Plan Estratégico de Seguridad Vial 2005-2008*.
16. Ley 17/2005, por la que se regula el permiso y la licencia de conducción por puntos y se modifica el texto articulado de la ley sobre tráfico, circulación de vehículos a motor y seguridad vial. *Boletín Oficial del Estado*, número 172, (20-7-2005).
17. Novoa AM, Pérez K, Santamariña-Rubio E, et al. Impact of the Penalty Points System on Road Traffic Injuries in Spain: A Time-Series Study. *Am J Public Health.* 2010; 100: 2220–2227. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2010.192104>
18. Castillo-Manzano JI, Castro-Nuño M, Pedregal DJ. An econometric analysis of effects of the penalty points system driver's license in Spain. *Accid Anal Prev.* 2010; 42: 1310-1319. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2010.02.009>.
19. Ley Orgánica 15/2007 de Reforma del Código Penal en materia de seguridad vial. *Boletín Oficial del Estado*, número 288, (01-12-2007).
20. Dirección General de Tráfico. *Cinco años del permiso por puntos*. Madrid: Dirección General de Tráfico; 2011.
21. ITF. Chapter 35. Spain. *Road Safety Annual Report 2015*: OECD Publishing.
22. Sánchez MP, Escribano F, Tejada A. Impact of provincial characteristics on the number of traffic accident victims on interurban roads in Spain. *Accid Anal Prev.* 2018; 118: 178-189 <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.02.015>
23. Bishai D, Quresh A, James P, et al. National road casualties and economic development. *Health Econ.* 2006; 15: 65-81. <https://doi.org/10.1002/hec.1020>
24. Traynor T. The relationship between regional economic conditions and the severity of traffic crashes. *Traffic Inj Prev.* 2009; 10: 368-374. <https://doi.org/10.1080/15389580902995174>

25. Albalade D, Fernández L, Yarygina A. The road against fatalities: Infrastructure spending vs. regulation?? *Accid Anal Prev.* 2013; 59: 227-239. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.06.008>
26. Pulido J, Lardelli P, de la Fuente L, et al. Impact of the demerit point system on road traffic accident mortality in Spain. *J Epidemiol Community Health.* 2010; 64:274–276.
27. Eurostat, International Transport Forum, United Nations Economic for Europe. Illustrated Glossary for Transport Statistics 4<sup>th</sup> Edition. 2010.
28. Orden del Ministerio de Relaciones con las Cortes y de la Secretaría del Gobierno de 18 de febrero de 1993, por la que se modifica la estadística de accidentes de circulación. *Boletín Oficial del Estado*, número 47, (24-2-1993).
29. Sánchez MP, Escribano F, Tejada A. Data on the determinants of the risk of fatalities, serious injuries and light injuries in traffic accidents on interurban roads in Spain. *Data Brief.* 2018; 18: 1941-1944. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2018.04.117>
30. Abellán JM, Martínez JE, Méndez I, et al. El valor monetario de una vida estadística en España. Estimación en el contexto de los accidentes de tráfico. Madrid: Dirección General de Tráfico; 2011.
31. Abellán JM, Martínez JE, Méndez I, et al. El valor monetario de una víctima no mortal y del año de vida ajustado por la calidad en España. Madrid: Dirección General de Tráfico; 2011.
32. Dirección General de Tráfico. Las principales cifras de siniestralidad. España 2012. Madrid: Dirección General de Tráfico; 2013.
33. Elvik R. An analysis of official economic valuations of traffic accident fatalities in 20 motorized countries. *Accid Anal Prev.* 1995; 27: 237-247. [https://doi.org/10.1016/0001-4575\(94\)00060-Y](https://doi.org/10.1016/0001-4575(94)00060-Y).
34. Mohamed H. Estimation of Socio-Economic Cost of Road Accidents in Saudi Arabia: Willingness-To-Pay Approach (WTP). *Advances in Management and Applied Economics.* 2015; 5: 43-61.
35. Mishan E. Evaluation of Life and Limb: A Theoretical Approach. *Journal of Political Economy.* 1971; 79: 687-705.
36. Instituto Nacional de Estadística. Índice de Precios de Consumo. Base 2011. Medias anuales: serie 2000 – 2014. Resultados por provincias. Disponible en: <http://www.ine.es/dynt3/inebase/index.htm?padre=1965> [accedido el 4 de mayo de 2016].
37. Instituto Nacional de Estadística. Cifras oficiales de población resultantes de la revisión del Padrón municipal a 1 de enero. Series 2001-2015. Disponible en:

<http://www.ine.es/dynt3/inebase/index.htm?padre=517> [accedido el 4 de mayo de 2016].

38. Instituto Nacional de Estadística. Contabilidad regional de España. Base 2010. Serie homogénea 2000-2014. Disponible en:

[http://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica\\_C&cid=1254736167628&menu=resultados&idp=1254735576581](http://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736167628&menu=resultados&idp=1254735576581) [accedido el 22 de mayo de 2016].

39. García-Altés, A, Suelves, J, Barbería, E. Cost savings associated with 10 years of road safety policies in Catalonia, Spain. Bull World Health Organ. 2013; 91: 28-35. <https://doi.org/10.2471/BLT.12.110072>.

40. Ministerio de Fomento. Anuario Estadístico. Madrid: Subdirección General de Estudios Estadísticos y Económicos; 1999-2014

41. Aparicio Izquierdo F, Arenas Ramírez B, Mira McWilliams JM, et al. The endurance of the effects of the penalty point system in Spain three years after. Main influencing factors. Accid Anal Prev. 2011; 43: 911-922. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2010.11.014>

42. Castillo-Manzano JI, Castro-Nuño M, Fageda X. Can health public expenditure reduce the tragic consequences of road traffic accidents? The EU-27 experience. Eur J Health Econ. 2014; 15: 645-652. <https://doi.org/10.1007/s10198-013-0512-1>

43. Rivas-Ruiz F, Perea-Milla E, Jiménez-Puente A. Geographic variability of fatal road traffic injuries in Spain during the period 2002-2004: an ecological study. BMC Public Health. 2007; 7: 266. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-7-266>

44. Tolón-Becerra A, Lastra-Bravo X, Flores-Parra I. National and Regional Analysis of Road Accidents in Spain. Traffic Inj Prev. 2013; 14: 486-495. <https://doi.org/10.1080/15389588.2012.726384>

45. Eksler V, Lassarre S, Thomas I. Regional analysis of road mortality in Europe. Public Health. 2008; 122: 826-837. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2007.10.003>

46. Stojanová H, Blašková V. Cost benefit study of a safety campaign's impact on road safety. Accid Anal Prev. 2018; 117: 205-215.

47. Caliendo C, De Guglielmo ML. Accident Rates in Road Tunnels and Social Cost Evaluation. Procedia Soc Behav Sci. 2012; 53: 166-177.

48. Wijnen W, Weijermars W, Schoeters A et al. An analysis of official road crash cost estimates in European countries. Saf Sci. 2019; 113: 318-327. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.12.004>

49. Wijnen W, Stipdonk H. Social costs of road crashes: An international analysis. Accid Anal Prev. 2016; 97-106. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2016.05.005>

Tabla 1. Composición y características<sup>a</sup> de los estratos de provincias

GRUPOS	PROVINCIAS	PIB PER CÁPITA	TASA PARO	PRECIPITACIONES	ALTURA	DENSIDAD POBLACIÓN	TASA DE MOTORIZACIÓN	PROP. VIAS ALTA CAP.	INVERSIÓN POR KM
<b>GRUPO 1</b>	Alicante, Almería, Badajoz, Cáceres, Cádiz, Córdoba, Granada, Huelva, Jaén, Las Palmas, Málaga, Murcia, Sevilla, Santa Cruz de Tenerife, Toledo, Valencia	18.523,9	20,6	415,8	431,5	131,3	617,0	10,8	43,8
<b>GRUPO 2</b>	Albacete, Ávila, Ciudad Real, Cuenca, Guadalajara, León, Salamanca, Segovia, Soria, Zamora	20.276,8	14,0	442,5	893,2	21,4	640,2	5,5	21,8
<b>GRUPO 3</b>	A Coruña, Asturias, Cantabria, Lugo, Ourense, Pontevedra	20.591,2	13,0	1.138,0	371,7	107,3	630,9	6,3	49,3
<b>GRUPO 4</b>	Álava, Burgos, Castellón, Girona, Huesca, Islas Baleares, Lleida, Navarra, Palencia, La Rioja, Tarragona, Teruel, Valladolid, Zaragoza	27.176,4	11,7	490,9	584,7	69,6	661,4	7,9	39,0
<b>GRUPO 5</b>	Barcelona, Guipúzcoa, Madrid, Vizcaya	30.396,0	11,3	901,9	381,6	580,5	601,8	18,0	93,2

<sup>a</sup> Valor medio de las variables de control

Tabla 2. Indicadores de ahorro de costes de las provincias estratificadas

INDICADOR 1. AHORRO DE COSTES POR HABITANTE						
	MUERTOS		HERIDOS GRAVES		HERIDOS LEVES	
	2000/05	2006/14	2000/05	2006/14	2000/05	2006/14
GRUPO 1	3,55 (7,78)	10,23 (5,13)	5,63 (4,00)	6,92 (3,53)	0,13 <sup>a</sup> (0,26)	0,13 (0,29)
GRUPO 2	6,11 (12,66)	19,65 (9,82)	1,63 (8,69)	16,27 (8,89)	0,09 (0,57)	0,71 (0,33)
GRUPO 3	16,20 (10,50)	10,31 (4,20)	13,09 (5,94)	7,94 (5,96)	0,28 (0,30)	0,30 (0,54)
GRUPO 4	7,02 (8,80)	17,51 (6,64)	6,56 (6,65)	9,17 (5,08)	0,01 <sup>a</sup> (0,58)	0,31 (0,78)
GRUPO 5	6,60 (3,78)	3,89 (1,43)	4,41 (2,35)	2,00 (0,41)	0,32 <sup>a</sup> (0,67)	0,14 (0,57)
<b>ESPAÑA</b>	<b>5,99</b>	<b>8,89</b>	<b>5,61</b>	<b>5,81</b>	<b>0,02<sup>a</sup></b>	<b>0,07</b>
INDICADOR 2. AHORRO DE COSTES SOBRE PIB						
	MUERTOS		HERIDOS GRAVES		HERIDOS LEVES	
	2000/05	2006/14	2000/05	2006/14	2000/05	2006/14
GRUPO 1	0,0224% (0,0488%)	0,0530% (0,0255%)	0,0318% (0,0234%)	0,0370% (0,0188%)	0,0009% <sup>a</sup> (0,0015%)	0,0007% (0,0015%)
GRUPO 2	0,0301% (0,0600%)	0,0935% (0,0453%)	0,0057% (0,0478%)	0,0779% (0,0413%)	0,0004% (0,0028%)	0,0034% (0,0016%)
GRUPO 3	0,0846% (0,0587%)	0,0485% (0,0214%)	0,0718% (0,0361%)	0,0369% (0,0287%)	0,0012% (0,0016%)	0,0014% (0,0025%)
GRUPO 4	0,0228% (0,0342%)	0,0636% (0,0258%)	0,0233% (0,0235%)	0,0333% (0,0191%)	0,0001% <sup>a</sup> (0,0022%)	0,0012% (0,0027%)
GRUPO 5	0,0215% (0,0122%)	0,0123% (0,0040%)	0,0145% (0,0079%)	0,0064% (0,0016%)	0,0012% <sup>a</sup> (0,0023%)	0,0004% (0,0018%)
<b>ESPAÑA</b>	<b>0,0249%</b>	<b>0,0354%</b>	<b>0,0241%</b>	<b>0,0232%</b>	<b>0,0001%<sup>a</sup></b>	<b>0,0003%</b>
INDICADOR 3. AHORRO DE COSTES POR MILLÓN DE VEHÍCULO-KILÓMETROS RECORRIDOS						
	MUERTOS		HERIDOS GRAVES		HERIDOS LEVES	
	2000/05	2006/14	2000/05	2006/14	2000/05	2006/14
GRUPO 1	2.051,35 (1.499,88)	1.766,56 (811,94)	2.055,29 (1.040,39)	1.234,84 (657,91)	39,15 (64,69)	10,21 (69,78)
GRUPO 2	1.993,83 (1.424,09)	2.033,27 (762,46)	839,74 (1.022,10)	1.707,88 (752,43)	53,39 (65,63)	72,18 (41,40)
GRUPO 3	3.568,70 (1.610,78)	1.622,41 (623,75)	3.002,66 (1.449,85)	1.208,94 (813,27)	108,86 (63,94)	37,75 (72,41)
GRUPO 4	1.936,86 (1.748,29)	2.406,55 (459,09)	1.459,55 (1.290,81)	1.239,52 (455,49)	29,50 (83,12)	40,03 (98,20)
GRUPO 5	1.987,38 (835,39)	889,65 (251,81)	1.323,26 (543,56)	449,15 (100,87)	27,65 <sup>a</sup> (134,37)	11,34 (139,54)
<b>ESPAÑA</b>	<b>2.027,05</b>	<b>1.597,69</b>	<b>1.654,15</b>	<b>1.045,58</b>	<b>44,43</b>	<b>1,73</b>

<sup>a</sup> No se produce ahorro de costes: el valor expresa que se incurre en un incremento de costes por un nº de víctimas mayor al esperado. Se incluye la desviación estándar en cada grupo y período entre paréntesis.

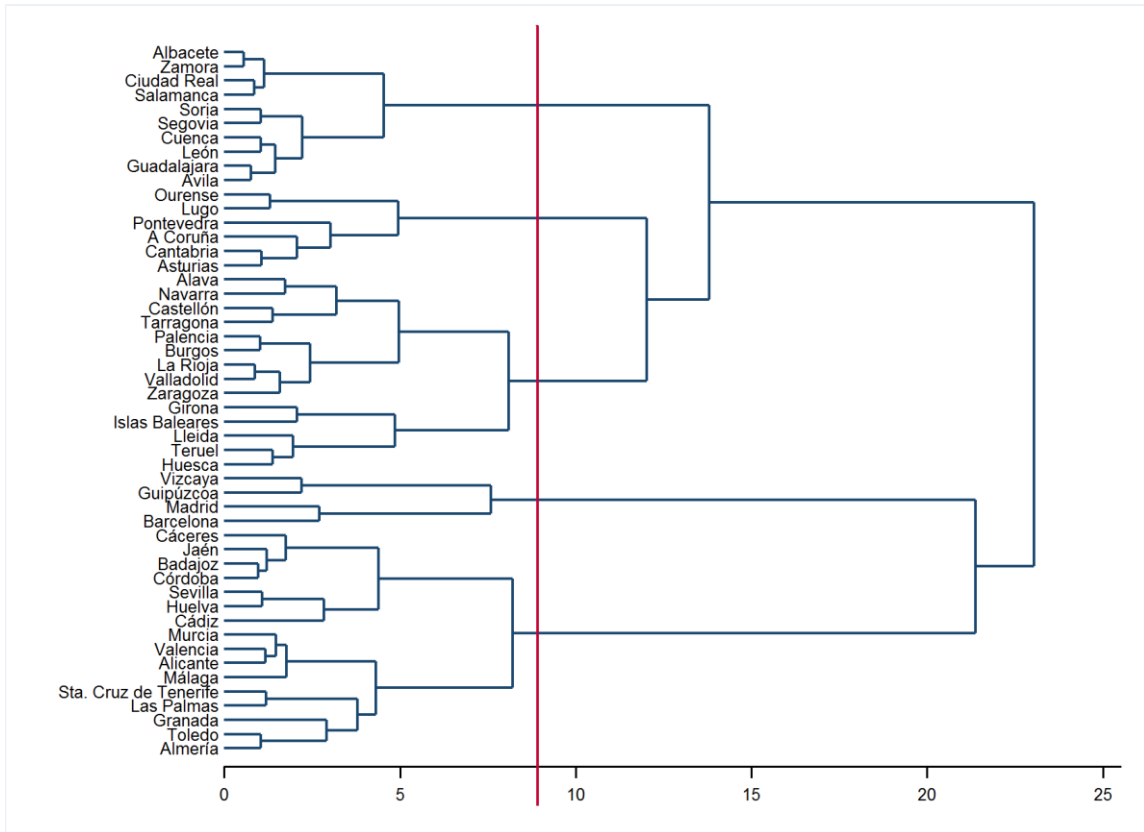


Figura 1. Dendograma. Método de Ward

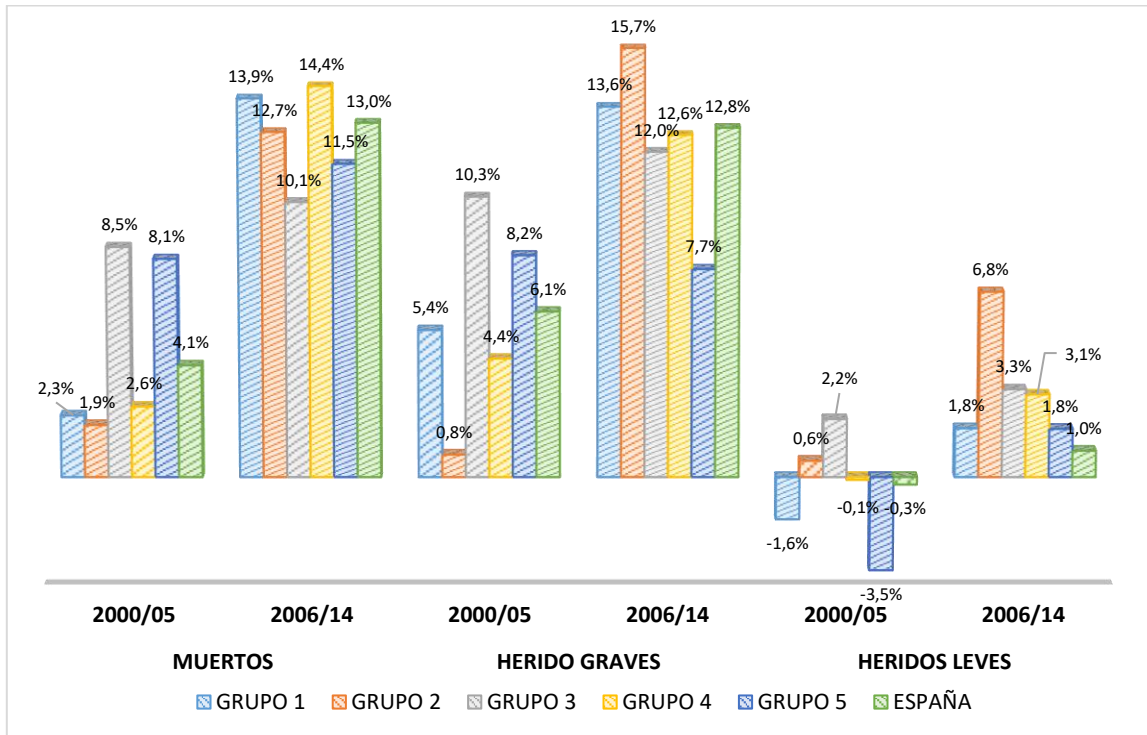


Figura 2. Proporción que representa el ahorro medio anual de costes por habitante sobre el coste medio anual por habitante

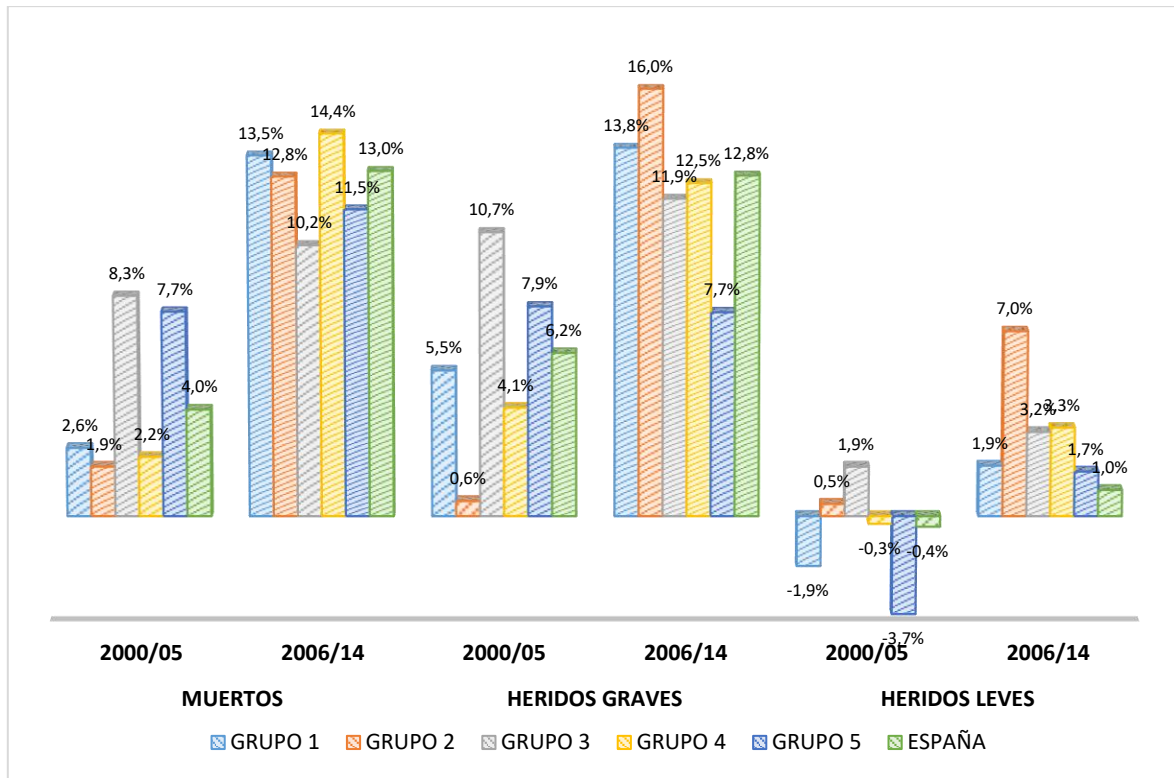


Figura 3. Proporción que representa el peso del ahorro medio anual sobre el PIB respecto al peso del coste medio anual sobre el PIB.

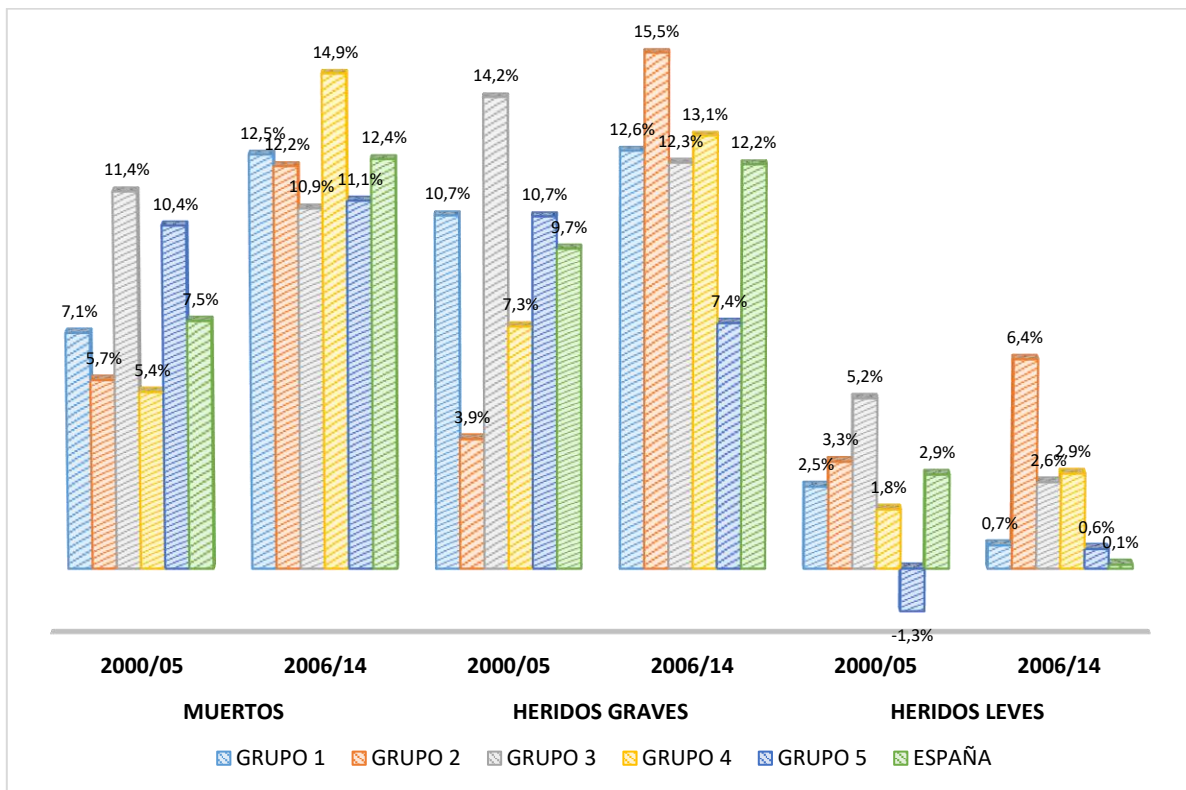


Figura 4. Proporción que representa el ahorro medio anual por MVKR sobre el coste medio anual por MVKR

APÉNDICE. MATERIAL ONLINE.

Tabla I. Tasas medias de mortalidad, lesividad grave y lesividad leve provinciales en 2000/2005 y 2006/2014

PROVINCIA	Por cada 1.000 habitantes						Por cada millón de vehículo-kilómetro recorridos					
	TASA DE MORTALIDAD		TASA DE LESIVIDAD GRAVE		TASA DE LESIVIDAD LEVE		TASA DE MORTALIDAD		TASA DE LESIVIDAD GRAVE		TASA DE LESIVIDAD LEVE	
	2000/05	2006/14	2000/05	2006/14	2000/05	2006/14	2000/05	2006/14	2000/05	2006/14	2000/05	2006/14
A Coruña	0,136	0,065	0,713	0,324	1,557	0,851	0,025	0,010	0,129	0,052	0,282	0,139
Álava	0,137	0,048	0,572	0,202	2,134	1,341	0,022	0,008	0,093	0,033	0,344	0,222
Albacete	0,152	0,079	0,569	0,286	1,947	0,852	0,021	0,011	0,079	0,040	0,269	0,119
Alicante	0,096	0,036	0,452	0,179	1,366	0,920	0,020	0,008	0,094	0,040	0,281	0,210
Almería	0,165	0,059	0,737	0,342	1,595	1,245	0,028	0,012	0,124	0,066	0,270	0,258
Asturias	0,092	0,042	0,368	0,172	2,028	1,591	0,018	0,008	0,074	0,032	0,403	0,298
Ávila	0,233	0,123	1,359	0,700	2,533	2,226	0,029	0,014	0,166	0,080	0,313	0,257
Badajoz	0,116	0,066	0,412	0,216	0,988	0,912	0,024	0,013	0,086	0,042	0,205	0,179
Barcelona	0,048	0,019	0,192	0,095	0,524	1,068	0,012	0,005	0,049	0,025	0,132	0,291
Burgos	0,227	0,099	0,851	0,462	3,240	1,750	0,023	0,010	0,087	0,048	0,329	0,183
Cáceres	0,152	0,065	0,518	0,240	1,866	1,462	0,026	0,010	0,087	0,036	0,314	0,217
Cádiz	0,076	0,034	0,351	0,171	1,392	1,104	0,022	0,009	0,100	0,045	0,393	0,289
Cantabria	0,081	0,040	0,353	0,177	2,164	1,778	0,012	0,005	0,052	0,024	0,314	0,246
Castellón	0,182	0,067	0,559	0,266	1,525	1,015	0,026	0,011	0,080	0,042	0,218	0,167
Ciudad Real	0,148	0,075	0,572	0,262	1,682	1,101	0,025	0,012	0,095	0,042	0,279	0,181
Córdoba	0,080	0,045	0,355	0,168	1,348	1,022	0,020	0,012	0,089	0,043	0,336	0,266
Cuenca	0,293	0,147	1,223	0,636	3,765	2,344	0,021	0,010	0,088	0,044	0,270	0,166
Girona	0,175	0,078	0,586	0,251	1,514	2,392	0,021	0,011	0,069	0,035	0,175	0,332
Granada	0,131	0,060	0,645	0,348	1,546	1,380	0,023	0,010	0,111	0,058	0,264	0,238
Guadalajara	0,189	0,072	0,743	0,299	1,844	1,084	0,019	0,008	0,075	0,034	0,186	0,128
Guipúzcoa	0,083	0,032	0,374	0,195	2,274	1,702	0,017	0,006	0,077	0,040	0,471	0,346
Huelva	0,128	0,064	0,543	0,260	1,492	1,445	0,024	0,012	0,101	0,048	0,275	0,274
Huesca	0,309	0,147	1,327	0,704	3,080	1,942	0,030	0,014	0,130	0,068	0,302	0,190
Islas Baleares	0,120	0,051	0,598	0,297	1,896	1,426	0,018	0,008	0,091	0,044	0,288	0,212
Jaén	0,093	0,055	0,468	0,233	1,360	1,103	0,020	0,012	0,102	0,051	0,293	0,244
Las Palmas	0,077	0,028	0,228	0,087	0,929	0,826	0,010	0,006	0,030	0,018	0,124	0,170
León	0,137	0,082	0,506	0,292	2,011	1,613	0,020	0,011	0,072	0,038	0,286	0,213
Lleida	0,247	0,113	0,834	0,340	2,030	2,758	0,027	0,013	0,091	0,039	0,223	0,318
Lugo	0,233	0,114	0,863	0,436	3,118	1,195	0,032	0,014	0,119	0,052	0,431	0,145
Madrid	0,040	0,017	0,120	0,054	0,810	0,772	0,011	0,005	0,033	0,015	0,220	0,222
Málaga	0,074	0,034	0,371	0,144	1,103	0,759	0,015	0,007	0,075	0,030	0,222	0,163
Murcia	0,111	0,046	0,455	0,212	1,373	0,769	0,022	0,009	0,090	0,041	0,271	0,154
Navarra	0,145	0,054	0,312	0,109	0,785	0,614	0,026	0,009	0,057	0,017	0,141	0,099
Ourense	0,147	0,084	0,477	0,290	1,560	0,655	0,024	0,012	0,077	0,041	0,254	0,093
Palencia	0,218	0,106	0,844	0,412	2,309	1,538	0,028	0,012	0,109	0,047	0,297	0,173
Pontevedra	0,101	0,053	0,582	0,266	1,699	2,279	0,019	0,009	0,110	0,047	0,318	0,399
La Rioja	0,176	0,068	0,375	0,145	1,786	1,258	0,030	0,011	0,063	0,024	0,298	0,210
Salamanca	0,136	0,064	0,361	0,271	1,447	1,349	0,023	0,011	0,063	0,045	0,249	0,224
Segovia	0,265	0,099	0,970	0,477	2,708	1,969	0,024	0,008	0,088	0,040	0,243	0,165
Sevilla	0,073	0,035	0,282	0,157	0,929	1,027	0,020	0,009	0,077	0,041	0,252	0,271
Soria	0,410	0,166	1,376	0,696	3,453	2,166	0,036	0,014	0,119	0,058	0,299	0,180
Santa Cruz de Tenerife	0,072	0,028	0,350	0,199	0,657	1,190	0,007	0,005	0,036	0,034	0,068	0,215
Tarragona	0,183	0,074	0,667	0,239	1,620	2,046	0,024	0,011	0,088	0,034	0,212	0,296
Teruel	0,232	0,106	0,761	0,417	2,526	1,435	0,029	0,012	0,094	0,048	0,312	0,164
Toledo	0,193	0,080	0,794	0,277	1,981	1,555	0,021	0,009	0,085	0,030	0,211	0,171
Valencia	0,074	0,033	0,332	0,143	0,855	0,948	0,016	0,007	0,072	0,031	0,185	0,209

<b>Valladolid</b>	0,119	0,053	0,440	0,219	1,293	1,072	0,023	0,009	0,083	0,039	0,244	0,189
<b>Vizcaya</b>	0,055	0,020	0,266	0,095	2,270	1,311	0,013	0,005	0,062	0,022	0,523	0,299
<b>Zamora</b>	0,220	0,103	0,915	0,369	1,944	0,941	0,023	0,010	0,093	0,036	0,197	0,092
<b>Zaragoza</b>	0,117	0,052	0,493	0,197	1,237	1,006	0,023	0,010	0,096	0,039	0,243	0,199
<b>España</b>	<b>0,100</b>	<b>0,045</b>	<b>0,404</b>	<b>0,189</b>	<b>1,317</b>	<b>1,163</b>	<b>0,019</b>	<b>0,008</b>	<b>0,075</b>	<b>0,036</b>	<b>0,246</b>	<b>0,224</b>

Tabla II. Resultados de los indicadores de ahorro de costes del conjunto de las provincias en 2000/2005 y 2006/2014

PROVINCIA	MUERTOS						HERIDOS GRAVES						HERIDOS LEVES					
	INDICADOR 1		INDICADOR 2		INDICADOR 3		INDICADOR 1		INDICADOR 2		INDICADOR 3		INDICADOR 1		INDICADOR 2		INDICADOR 3	
	2000/05	2006/14	2000/05	2006/14	2000/05	2006/14	2000/05	2006/14	2000/05	2006/14	2000/05	2006/14	2000/05	2006/14	2000/05	2006/14	2000/05	2006/14
A Coruña	12,40	12,45	0,064%	0,054%	4.025,82	2.202,54	12,23	13,00	0,067%	0,056%	3.835,60	2.295,76	0,78	0,12	0,0039%	0,0004%	228,59	22,28
Álava	18,69	14,42	0,055%	0,039%	4.341,12	2.311,74	17,04	5,22	0,049%	0,013%	3.620,35	790,42	0,48 <sup>a</sup>	0,54	0,0017% <sup>a</sup>	0,0014%	17,25 <sup>a</sup>	74,46
Albacete	18,45	12,28	0,105%	0,062%	4.052,49	1.714,60	3,49	9,12	0,019%	0,046%	1.204,57	1.297,09	0,08 <sup>a</sup>	1,19	0,0003% <sup>a</sup>	0,0061%	51,94	170,47
Alicante	1,41	9,49	0,007%	0,048%	1.766,81	1.780,63	7,27	6,22	0,037%	0,033%	2.625,38	1.231,71	0,04	0,17	0,0002%	0,0008%	98,30	9,43
Almería	7,66 <sup>a</sup>	19,51	0,038% <sup>a</sup>	0,094%	617,47	3.451,39	3,78	15,45	0,021%	0,078%	2.364,57	2.814,72	0,05	0,05	0,0002%	0,0002%	97,99	27,84 <sup>a</sup>
Asturias	5,57	8,78	0,026%	0,038%	1.722,17	1.482,55	8,83	3,66	0,043%	0,016%	2.130,87	589,72	0,05	0,44	0,0001%	0,0019%	69,52	56,99
Ávila	9,98	28,00	0,053%	0,142%	2.400,51	3.337,33	17,79 <sup>a</sup>	28,91	0,104% <sup>a</sup>	0,145%	1.405,28 <sup>a</sup>	3.484,33	0,37	0,12	0,0019%	0,0007%	95,75	3,26
Badajoz	17,34	5,30	0,117%	0,032%	5.170,93	1.090,89	11,65	4,74	0,082%	0,028%	3.387,57	965,99	0,20 <sup>a</sup>	0,08	0,0014% <sup>a</sup>	0,0005%	2,06	16,61
Barcelona	5,94	2,97	0,020%	0,010%	1.861,62	737,30	3,41	1,79	0,012%	0,006%	1.086,21	429,92	0,52	0,65 <sup>a</sup>	0,0018%	0,0021% <sup>a</sup>	150,80	190,73 <sup>a</sup>
Burgos	15,82	22,23	0,058%	0,080%	2.775,03	2.128,78	7,76	14,24	0,030%	0,052%	1.495,42	1.376,33	0,14	1,25	0,0004%	0,0045%	80,09	116,18
Cáceres	22,61	12,45	0,149%	0,072%	4.983,10	2.327,00	3,53	9,05	0,022%	0,053%	1.073,88	1.667,88	0,41 <sup>a</sup>	0,51	0,0030% <sup>a</sup>	0,0030%	38,97 <sup>a</sup>	109,46
Cádiz	2,57	7,28	0,013%	0,039%	2.811,26	1.728,73	2,39 <sup>a</sup>	8,16	0,013% <sup>a</sup>	0,044%	912,57	2.006,24	0,67 <sup>a</sup>	0,56	0,0039% <sup>a</sup>	0,0032%	37,75 <sup>a</sup>	123,81
Cantabria	21,93	2,98	0,099%	0,013%	4.098,23	445,18	7,55	4,29	0,034%	0,019%	1.633,97	621,69	0,09 <sup>a</sup>	0,26	0,0006% <sup>a</sup>	0,0012%	59,55	35,31
Castellón	5,97	14,30	0,024%	0,059%	2.391,93	2.187,65	4,29	9,04	0,019%	0,039%	1.434,64	1.446,99	0,19 <sup>a</sup>	0,45	0,0008% <sup>a</sup>	0,0019%	24,84	61,81
Ciudad Real	7,80	12,14	0,035%	0,063%	2.514,58	1.847,68	0,41	10,67	0,000%	0,054%	839,57	1.650,88	0,47 <sup>a</sup>	0,56	0,0027% <sup>a</sup>	0,0028%	20,21 <sup>a</sup>	76,19
Córdoba	0,83 <sup>a</sup>	9,00	0,003% <sup>a</sup>	0,048%	887,52	2.140,08	4,98	4,37	0,029%	0,025%	2.045,39	1.053,18	0,22 <sup>a</sup>	0,38	0,0014% <sup>a</sup>	0,0021%	14,17	81,07
Cuenca	5,81	35,05	0,030%	0,171%	1.409,80	2.334,22	6,70 <sup>a</sup>	27,10	0,041% <sup>a</sup>	0,135%	135,74	1.841,56	0,08	1,15	0,0000%	0,0057%	57,82	65,73
Girona	18,45	14,32	0,064%	0,052%	2.295,14	2.011,99	2,15	7,36	0,007%	0,024%	276,68	964,26	1,04	1,07 <sup>a</sup>	0,0036%	0,0032% <sup>a</sup>	129,44	154,18 <sup>a</sup>
Granada	7,00	9,79	0,042%	0,053%	3.199,99	1.429,81	5,16	12,05	0,036%	0,068%	2.619,41	1.902,74	0,27 <sup>a</sup>	0,04	0,0017% <sup>a</sup>	0,0001%	46,62	14,46 <sup>a</sup>
Guadalajara	2,18 <sup>a</sup>	20,98	0,006% <sup>a</sup>	0,098%	1.667,38	2.101,50	9,45	11,29	0,049%	0,056%	2.201,17	1.259,76	0,67 <sup>a</sup>	0,61	0,0032% <sup>a</sup>	0,0029%	6,46	58,43
Guipúzcoa	9,92	5,97	0,031%	0,018%	2.826,38	1.171,27	5,51	1,84	0,017%	0,005%	1.651,68	318,01	1,11 <sup>a</sup>	0,43	0,0039% <sup>a</sup>	0,0013%	169,00 <sup>a</sup>	73,10
Huelva	1,60 <sup>a</sup>	16,02	0,010% <sup>a</sup>	0,084%	1.853,27	2.933,97	14,09	4,93	0,073%	0,029%	4.329,44	931,24	0,44	0,09	0,0024%	0,0006%	218,38	3,02
Huesca	1,24	31,43	0,004%	0,114%	1.868,50	2.803,17	3,64	21,96	0,018%	0,079%	1.587,08	2.011,63	0,31 <sup>a</sup>	1,18	0,0012% <sup>a</sup>	0,0042%	45,06	101,66
Islas Baleares	6,79	10,37	0,026%	0,039%	1.294,21	2.323,36	9,26	6,36	0,035%	0,024%	1.658,03	1.558,50	0,01	0,04 <sup>a</sup>	0,0000%	0,0003% <sup>a</sup>	14,74	52,11

Jaén	3,36	6,18	0,018%	0,039%	1.717,70	976,22	4,17	6,32	0,024%	0,038%	1.742,55	1.109,20	0,40 <sup>a</sup>	0,23	0,0027% <sup>a</sup>	0,0013%	27,88 <sup>a</sup>	11,25
La Rioja	2,46 <sup>a</sup>	17,90	0,011% <sup>a</sup>	0,067%	1.486,73	2.890,12	7,51	4,80	0,028%	0,018%	2.046,98	752,09	0,09	0,34	0,0003%	0,0013%	109,77	44,19
Las Palmas	7,89	7,34	0,039%	0,035%	1.481,83	847,01	4,56	2,59	0,022%	0,012%	815,43	257,94	0,02 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,0001% <sup>a</sup>	0,0000%	15,28	40,01 <sup>a</sup>
León	18,99	6,33	0,093%	0,030%	3.608,51	699,54	4,33	8,85	0,023%	0,041%	1.180,83	1.106,90	0,24	0,47	0,0010%	0,0023%	85,37	47,99
Lleida	10,76	21,14	0,036%	0,072%	2.802,09	2.086,63	6,17	9,35	0,021%	0,030%	1.529,65	832,68	0,67	1,06 <sup>a</sup>	0,0022%	0,0034% <sup>a</sup>	127,97	144,25 <sup>a</sup>
Lugo	34,34	15,36	0,192%	0,076%	5.994,88	1.880,39	16,82	17,74	0,104%	0,087%	3.207,29	2.190,24	0,23	1,18	0,0008%	0,0055%	94,84	146,32
Madrid	1,55	3,65	0,005%	0,011%	882,58	1.024,21	1,67	1,77	0,005%	0,005%	678,34	495,62	0,41 <sup>a</sup>	0,14	0,0013% <sup>a</sup>	0,0005%	74,98 <sup>a</sup>	37,23
Málaga	0,78	7,52	0,004%	0,041%	1.430,86	1.628,64	6,32	4,60	0,035%	0,026%	2.412,63	1.003,64	0,06	0,04	0,0002%	0,0001%	90,97	0,89 <sup>a</sup>
Murcia	3,89 <sup>a</sup>	12,10	0,020% <sup>a</sup>	0,058%	462,94	2.297,22	11,13	7,83	0,059%	0,038%	3.125,05	1.536,02	0,21 <sup>a</sup>	0,55	0,0010% <sup>a</sup>	0,0025%	26,50	102,99
Navarra	10,66	12,80	0,038%	0,040%	3.723,07	2.117,85	11,49	2,84	0,040%	0,009%	2.701,89	472,42	0,22	0,02 <sup>a</sup>	0,0007%	0,0001% <sup>a</sup>	78,64	2,65 <sup>a</sup>
Ourense	8,55	11,66	0,045%	0,059%	1.795,35	1.756,80	9,89	3,98	0,057%	0,020%	1.812,78	600,14	0,33	0,29	0,0014%	0,0013%	70,44	45,15
Palencia	10,31 <sup>a</sup>	26,35	0,057% <sup>a</sup>	0,107%	2.665,56 <sup>a</sup>	3.232,37	5,50	14,68	0,024%	0,055%	529,71 <sup>a</sup>	1.811,65	0,16	1,08	0,0009%	0,0042%	72,31 <sup>a</sup>	133,68
Pontevedra	14,38	10,62	0,081%	0,051%	3.775,76	1.966,98	23,21	5,01	0,126%	0,023%	5.395,46	956,06	0,35	0,50 <sup>a</sup>	0,0019%	0,0021% <sup>a</sup>	130,19	79,54 <sup>a</sup>
Salamanca	8,67	14,26	0,044%	0,071%	2.456,81	2.360,16	2,27 <sup>a</sup>	7,00	0,010% <sup>a</sup>	0,034%	22,87	1.153,29	0,54 <sup>a</sup>	0,52	0,0028% <sup>a</sup>	0,0026%	55,91 <sup>a</sup>	82,00
Segovia	15,56	13,75	0,056%	0,057%	1.845,22	1.184,61	9,37	14,65	0,038%	0,066%	1.106,67	1.280,25	0,07	0,93	0,0004%	0,0040%	29,72	80,28
Sevilla	6,23	6,09	0,034%	0,031%	3.391,54	1.535,14	3,73	4,05	0,021%	0,020%	2.093,09	1.028,52	0,27 <sup>a</sup>	0,04 <sup>a</sup>	0,0014% <sup>a</sup>	0,0002% <sup>a</sup>	8,16	27,31 <sup>a</sup>
Soria	24,35 <sup>a</sup>	34,05	0,110% <sup>a</sup>	0,141%	1.073,30 <sup>a</sup>	2.855,50	6,87	29,80	0,035%	0,123%	1.549,48	2.514,13	1,06	0,83	0,0045%	0,0035%	153,13	68,68
Santa Cruz de Tenerife	1,11 <sup>a</sup>	7,26	0,007% <sup>a</sup>	0,035%	249,21	422,72	1,36	4,63	0,008%	0,022%	431,20	118,26	0,04	0,57 <sup>a</sup>	0,0002%	0,0027% <sup>a</sup>	18,68	146,28 <sup>a</sup>
Tarragona	10,57	15,33	0,036%	0,054%	2.493,10	2.116,13	15,74	8,06	0,055%	0,028%	2.712,14	1.107,05	0,29	0,32 <sup>a</sup>	0,0010%	0,0010% <sup>a</sup>	79,47	50,48 <sup>a</sup>
Teruel	5,30 <sup>a</sup>	24,27	0,021% <sup>a</sup>	0,088%	298,80 <sup>a</sup>	3.314,21	9,74 <sup>a</sup>	11,85	0,041% <sup>a</sup>	0,044%	1.052,15 <sup>a</sup>	1.621,06	1,47 <sup>a</sup>	1,38	0,0059% <sup>a</sup>	0,0051%	169,12 <sup>a</sup>	186,41
Toledo	3,37 <sup>a</sup>	22,63	0,013% <sup>a</sup>	0,114%	786,02	2.552,51	5,97	11,44	0,032%	0,058%	1.381,03	1.298,75	0,12 <sup>a</sup>	0,25	0,0007% <sup>a</sup>	0,0015%	37,04	27,45
Valencia	6,05	5,80	0,027%	0,025%	2.011,16	1.123,05	4,73	4,31	0,021%	0,019%	1.525,49	831,35	0,10	0,23 <sup>a</sup>	0,0004%	0,0010% <sup>a</sup>	56,93	65,01 <sup>a</sup>
Valladolid	4,22	11,40	0,016%	0,046%	1.411,28	2.268,19	0,75	7,98	0,004%	0,031%	526,04	1.595,41	0,11 <sup>a</sup>	0,37	0,0004% <sup>a</sup>	0,0015%	9,97	80,05
Vizcaya	9,01	2,97	0,030%	0,010%	2.378,95	625,83	7,04	2,62	0,024%	0,009%	1.876,80	553,06	0,30 <sup>a</sup>	0,65	0,0013% <sup>a</sup>	0,0021%	17,44 <sup>a</sup>	125,78
Zamora	2,42	19,67	0,004%	0,098%	1.056,26	1.897,58	9,18	15,30	0,048%	0,080%	1.561,74	1.490,65	0,84	0,72	0,0048%	0,0037%	129,87	68,78
Zaragoza	13,13	8,86	0,051%	0,033%	3.198,19	1.899,54	10,21	4,69	0,038%	0,018%	2.426,63	1.012,84	0,26 <sup>a</sup>	0,28	0,0010% <sup>a</sup>	0,0010%	28,38 <sup>a</sup>	61,50
<b>España</b>	<b>5,99</b>	<b>8,89</b>	<b>0,025%</b>	<b>0,035%</b>	<b>2.027,05</b>	<b>1.597,69</b>	<b>5,61</b>	<b>5,81</b>	<b>0,024%</b>	<b>0,023%</b>	<b>1.654,15</b>	<b>1.045,58</b>	<b>0,02<sup>a</sup></b>	<b>0,07</b>	<b>0,0001%<sup>a</sup></b>	<b>0,0003%</b>	<b>44,43</b>	<b>1,73</b>

<sup>a</sup>No se produce ahorro de costes: el valor hace referencia a un incremento de costes por un n.º de víctimas mayor al esperado.



