

ANÁLISIS DE LOS FACTORES DETERMINANTES DEL AHORRO DE COSTES EN ACCIDENTES DE TRÁFICO EN LA RED DE CARRETERAS DE ESPAÑA

María Pilar Sánchez González (1), Francisco Escribano Sotos (1) y Ángel Tejada Ponce (1)

(1) Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Universidad de Castilla - La Mancha. Albacete. España.

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

RESUMEN

Fundamentos: El incremento de los accidentes de tráfico depende de múltiples factores, generando un problema económico y de salud pública que debe ser analizado conjuntamente por los agentes intervinientes en la seguridad vial. El objetivo del trabajo fue cuantificar el efecto de diversos factores determinantes en el ahorro de costes por accidentes de tráfico en vías interurbanas en España.

Métodos: Se analizó, a través de un análisis de regresión mediante datos de panel referidos al período 2000-2017, cómo afectaban diferentes factores al ahorro de costes por cada riesgo de mortalidad o lesividad evitado en las vías interurbanas españolas.

Resultados: El aumento del 1% del volumen de tráfico conllevó una reducción de costes por MVKR (millón de vehículos-kilómetros recorridos) de 162,46€ refiriéndonos al riesgo de mortalidad, 115,32€ para lesividad grave y 10,10€ para leve. El aumento en el desempleo supuso una reducción de costes de 31,43€, 10,76€ y 0,98€, respectivamente. Idéntico incremento de la inversión en la reposición implicó una reducción de estos costes de 11€ para cualquier riesgo. El aumento del 1% del índice de envejecimiento comportó un aumento de costes de 276,83€ hablando del riesgo de mortalidad y de 257,49€ si hablamos de lesividad. El turismo extranjero generó un coste superior a los 40€ para cualquier riesgo. El aumento del 1% del Producto Interior Bruto (PIB) per cápita conllevó un aumento de costes de 155,50€, 138,09€ y 8,21€ para los riesgos anteriormente definidos. El permiso de conducción por puntos condujo a un incremento de costes de 785,50€ por MVKR al referirnos a los riesgos de mortalidad.

Conclusiones: Los factores condicionantes del ahorro de costes son el volumen de tráfico, la tasa de paro y la inversión en reposición. Los factores condicionantes del incremento de costes son la caducidad del efecto del permiso de conducción por puntos, el índice de envejecimiento, el incremento del PIB y la proporción de conductores extranjeros.

Palabras clave: Ahorro de costo, Salud pública, Accidentes de tráfico, Heridas y traumatismos, Modelos lineales.

ABSTRACT

Analysis of the determinants of cost savings in traffic accidents on interurban roads in Spain

Background: The increase in traffic accidents depends on multiple factors; it generates an economic and public health problem that must be analyzed jointly by agents involved in road safety. The aim of the work was to quantify the effect of various factors in the cost savings due to traffic accidents on interurban roads in Spain.

Methods: It was analyzed, through a lineal regression with panel data model and in the period 2000-2017, how different factors affected cost savings due to the risk of mortality or injury avoided on Spanish interurban roads.

Results: A 1% increase in traffic volume led to a reduction in costs per MVKT (million vehicle-kilometres travelled) of €162.46 referring to the risk of mortality, €115.32 for serious injuries and €10.10 for mild injuries. This increase in unemployment caused a cost reduction of €31.43, €10.76 and €0.98, respectively. The same increase in the investment in replacement implied a reduction of these costs of €11 for any risk. A 1% increase in the ageing index led to an increase in costs of €276.83 in terms of mortality risk and €257.49 in terms of injury. Foreign tourism generated a cost of more than €40 for any risk. A 1% increase in GDP per capita led to an increase in costs of €155.50, €138.09 and €8.21 for defined risks. The points driving license led to an increase in costs of €785.50 per MVKR when referring to mortality risks.

Conclusions: Determining factors for cost savings: motorization rate, unemployment rate and investment in replacement interurban roads. Determining factors that increased costs: expiry of the effect of the penalty - points driving licence, ageing index of the population, increase in GDP or proportion of foreign travelers.

Key words: Cost savings, Public health, Traffic accidents, Wounds and injuries, Linear models.

Correspondencia:

Ángel Tejada Ponce
Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales
Universidad de Castilla - La Mancha
Plaza de la Universidad, nº1
02071 Albacete, España
Ángel.Tejada@uclm.es

Cita sugerida: Sánchez González MP, Escribano Sotos F, Tejada Ponce A. Análisis de los factores determinantes del ahorro de costes en accidentes de tráfico en la red de carreteras de España. Rev Esp Salud Pública. 2019;93: 15 de noviembre e201911111.

INTRODUCCIÓN

Los cambios económicos, sociales y culturales acaecidos en todos los países han provocado un incremento de la motorización, lo que ha supuesto un aumento de la accidentalidad a nivel mundial en los últimos 20 años. En este contexto, en 2017 se produjeron 102.233 accidentes de tráfico con víctimas en España, provocando 1.830 fallecidos, 9.546 personas heridos graves u hospitalizados y 129.616 heridos leves o no hospitalizados. Mientras que las vías interurbanas acogieron la mayor proporción de muertos y heridos graves (72% y 50% del total de cada tipo, respectivamente), las vías urbanas albergaron el 60% de los heridos leves en accidentes viales⁽¹⁾. Estas cifras confirman que los accidentes de tráfico siguen representando para España un verdadero problema de “salud pública”, cuya carga sobre la economía nacional se ha estimado entre 5.837 y 10.693 millones de euros en 2017⁽²⁾.

La gran repercusión de las consecuencias de la siniestralidad vial origina que la sociedad española demande al Estado una mayor seguridad vial, sustentada en una mejora de las vías interurbanas y una mayor atención al elevado riesgo al que se enfrentan los usuarios más vulnerables (peatones, ciclistas y motoristas) en las vías urbanas e interurbanas. En los últimos años se ha advertido un cambio en la consideración de los accidentes de tráfico: ya no son acontecimientos fortuitos, producto del azar y de la suerte, sino que son problemas de salud pública controlables, evitables y prevenibles, ya no solo por las lesiones que producen, sino porque afectan directamente a la salud integral de las personas y de las sociedades.

Este cambio de concepción está originado, en parte, por el continuo esfuerzo realizado por los investigadores científicos, cuya dedicación en los últimos 20 años se ha centrado en mejorar el conocimiento asociado a los accidentes de tráfico.

Una parte de esa literatura ha estado centrada en averiguar las causas y los factores condicionantes de la siniestralidad vial, concluyendo que ésta se ve afectada por factores como el nivel de exposición^(3,4), las políticas viales encaminadas a controlar el comportamiento humano^(5,6), el entorno económico^(7,8), el nivel de desarrollo económico⁽⁹⁾, factores sociodemográficos⁽¹⁰⁾, variables vinculadas a la infraestructura vial⁽⁴⁾ o las condiciones del parque de vehículos⁽¹¹⁾, entre otros muchos. Otra parte de las investigaciones se ha ocupado de valorar económicamente las consecuencias de la siniestralidad vial para la sociedad y las economías nacionales, cuantificando a través de diferentes metodologías el denominado “valor de una vida estadística”, que es la principal referencia para cifrar el coste de la accidentalidad vial y evaluar mediante un análisis coste-beneficio las políticas de seguridad vial^(12,13,14,15,16).

Estas líneas de investigación vinculadas a la siniestralidad vial aportan un volumen de conocimiento a la literatura científica, ofreciendo un conjunto de información con gran capacidad para mejorar la política de seguridad vial de los países. Aunque resulta fundamental conocer las variables que repercuten en el riesgo de fallecer o sufrir lesiones en accidentes viales, es importante tener en cuenta que los factores que repercuten en un problema de salud no tienen por qué ser los mismos que afectan a la variación de su frecuencia⁽¹⁷⁾. Por ello, en términos económicos y en base a esta afirmación, probablemente los determinantes del coste de los accidentes de tráfico ocasionados en una determinada población pueden no ser los mismos que los que hacen que se produzca o no ahorro de víctimas y, por tanto, ahorro de costes.

Como hemos señalado, los factores determinantes de los accidentes de tráfico generan un impacto socioeconómico que provoca un problema de salud pública, al que todos los países dedican un gran esfuerzo económico con la implantación de diferentes planes de seguridad vial.

En este sentido, la cuantificación del coste de los accidentes de tráfico en las vías interurbanas españolas permite, no sólo determinar su importancia, sino también valorar y evaluar cualquier medida o política pública orientada a erradicarlos, consiguiendo comparar el coste de la política con el ahorro económico conseguido por el número de víctimas evitadas.

Y, además de esta cuantificación, es importante analizar qué factores son los determinantes para que se produzcan o no ahorros de costes vinculados a los riesgos de mortalidad, lesividad grave o lesividad leve provocados por los accidentes de tráfico en las carreteras españolas, puesto que ello facilita el análisis para definir hacia dónde deberían enfocarse los esfuerzos para implementar nuevas políticas de seguridad vial.

La cuantificación de los costes y la identificación de los factores determinantes aporta información para poder llevar a cabo un análisis coste-beneficio que debe acompañar a cualquier proyecto o actuación pública antes de tomar una decisión que comprometa los recursos escasos con los que cuenta la Administración Pública española.

El presente trabajo tuvo como objetivo cuantificar, para el periodo 2000-2017, el efecto de diversos factores determinantes en el ahorro de costes por accidentes de tráfico en las vías interurbanas en España, originado dicho ahorro por el riesgo de mortalidad o lesividad, grave o leve, puesto que consideramos que contabilizar los efectos económicos de las diferentes políticas públicas era clave para dirigir y valorar los diferentes planes de seguridad vial implementados.

MATERIAL Y MÉTODOS

El objetivo definido se alcanzó utilizando datos de las provincias españolas en el período 1999-2017. Para ello, se empleó la base de datos

construida por Sánchez et al⁽¹⁸⁾, que describe una colección de datos sobre diversos factores que inciden en los accidentes de tráfico en vías interurbanas, y que fue utilizada para analizar el riesgo de muertes y lesiones resultantes de dichos accidentes en esas vías en las provincias españolas desde 1999. En este contexto, al referirnos a vías interurbanas incluimos tanto las que eran de titularidad estatal como las que eran de titularidad autonómica o provincial, es decir, agregamos los kilómetros de toda la red de carreteras del Estado y de la red secundaria de carreteras de España.

La base de datos referida se amplió con información hasta 2017 para todas las variables contenidas en ella. Además, se incorporaron para todas las provincias y años del período delimitado los siguientes factores: grado de ocupación hotelera, número de viajeros por país de residencia⁽¹⁹⁾, índice de envejecimiento⁽²⁰⁾ y Producto Interior Bruto⁽²¹⁾. La no disponibilidad de información de esta variable a nivel provincial para 2017 se suplió tomando la tasa de crecimiento del PIB per cápita de la comunidad autónoma a la que pertenecen cada una de las provincias.

La **tabla 1** presenta la definición de las variables usadas en el análisis⁽⁴⁾. Todas las variables independientes se expresan en términos de tasas de crecimiento para cada provincia española.

Las variables dependientes, calculadas igualmente para cada provincia (siendo conscientes de que la asignación económica al coste humano no resulta sencilla), se definieron utilizando la descripción de “víctima evitada” delimitada por Sánchez et al⁽²²⁾, que fue aplicada a las variables “riesgo de mortalidad”, “riesgo de lesividad grave” y “riesgo de lesividad leve”. Con estas variables dependientes se pretendió cuantificar los ahorros de costes -para cada provincia y año del período-vinculados

Tabla 1
VARIABLES USADAS EN EL ANÁLISIS.

Variables	Descripción
Ahorro de costes asociado al riesgo de mortalidad.	Ahorro de costes en euros por MVKR vinculado al número de muertos evitados por MVKR.
Ahorro de costes asociado al riesgo de lesividad grave.	Ahorro de costes en euros por MVKR vinculado al número de heridos graves evitados por MVKR.
Ahorro de costes asociado al riesgo de lesividad leve.	Ahorro de costes en euros por MVKR vinculado al número de heridos leves evitados por MVKR.
Permiso de conducción por puntos.	Variable dummy con valor 1 en aquellos períodos que está implantado el permiso de conducción por puntos.
Volumen de tráfico.	Tasa de crecimiento del número de vehículos que viajan anualmente en las vías interurbanas en cada provincia.
Tasa de motorización.	Tasa de crecimiento del número de vehículos registrados por cada 1.000 habitantes.
Densidad de población.	Tasa de crecimiento del número de habitantes por kilómetro cuadrado.
Tasa de paro.	Tasa de crecimiento del porcentaje de desempleados en relación con la población trabajadora.
PIB per cápita.	Tasa de crecimiento de la producción económica por habitante.
Precipitaciones.	Tasa de crecimiento del volumen total de precipitaciones en milímetros.
Proporción de vías de alta capacidad.	Tasa de crecimiento del porcentaje de vías de alta capacidad con relación al total de kilómetros de vías interurbanas.
Inversión en reposición por kilómetro de vía.	Tasa de crecimiento de la inversión en reposición en vías interurbanas por kilómetro de vía.
Inversión en construcción por kilómetro de vía.	Tasa de crecimiento de la inversión en construcción en vías interurbanas por kilómetro de vía.
Grado de ocupación hotelera.	Tasa de crecimiento de la proporción del número de habitaciones ocupadas respecto al total disponibles en establecimientos hoteleros.
Proporción de viajeros no residentes.	Tasa de crecimiento del número de viajeros no residentes en relación con el total de viajeros registrados en establecimientos hoteleros.
Índice de envejecimiento.	Tasa de crecimiento de la proporción que representa la población mayor de 64 años respecto a la población menor a 16 años.

Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos de Sánchez et al (2018).

a dichos riesgos, expresándose en euros por millón de vehículos-kilómetros recorridos en vías interurbanas (MVKR). En este sentido, dado que consideramos como vías interurbanas toda la red de carreteras de España, tanto del Estado como la red secundaria, en los MVKR agregamos todos los kilómetros de las vías interurbanas españolas, con independencia de cuál fuera su titularidad:

Ahorro de costes vinculado
al riesgo de mortalidad evitado =
(Riesgo de mortalidad t – riesgo de
mortalidad t+1) x Coste muerto t+1

Ahorro de costes vinculado
al riesgo de lesividad grave evitado =
(Riesgo de lesividad grave t – riesgo de
lesividad grave t+1) x Coste herido grave t+1

Ahorro de costes vinculado
al riesgo de lesividad leve evitado =
(Riesgo de lesividad leve t – riesgo de
lesividad leve t+1) x Coste herido leve t+1

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 podían tener en cuenta las medidas y acciones realizadas en seguridad vial anualmente en cada una de las provincias españolas en los períodos definidos.

La valoración del ahorro de costes para cada uno de los riesgos se realizó a partir de la cuantificación del coste de prevenir un fallecido o víctima no mortal (herido grave o herido leve). Los costes se obtuvieron de los estudios llevados a cabo por Abellán et al.^(12,13), principalmente por ser los valores oficiales que maneja la Dirección General de Tráfico para cifrar el coste de los siniestros viales y, la metodología empleada para ello, el enfoque de disponibilidad a pagar. En cierta medida, consideramos que este

método reflejaba cuánto estaba dispuesta la sociedad a pagar de sus impuestos para la implementación de políticas de seguridad vial.

Con este concepto recogimos costes humanos, más pérdida de productividad, más costes médicos. Los costes médicos reflejaban los costes derivados de los servicios de ambulancias y emergencia y, en su caso, los costes de hospitalización. Los costes médicos se consideraron a partir del método del coste de restitución⁽²³⁾. Este método consiste en estimar el coste del restablecimiento a una situación análoga a la existente antes del accidente, mediante la aplicación de precios de mercado o tarifas administrativas al conjunto de hechos derivados del accidente susceptibles de valoración. El grado de homogeneidad con que se calculan estos costes en los diferentes países es muy elevado. El método empleado para estimar el valor de estas pérdidas brutas fue el del capital humano⁽²³⁾. Esta metodología asume que la renta presente y futura de las víctimas es equivalente al promedio de la población de su misma edad y sexo. Así, una vez estimados los ingresos medios de cada grupo de edad y sexo, se proyectaron al futuro teniendo en cuenta variables tales como las tasas de actividad de cada grupo, su esperanza de vida y el crecimiento general de la economía.

En principio, se cuantificaron estos costes en 1.400.000€ por el valor de prevenir un fallecido, 219.000€ por el de un herido no mortal grave y 6.100€ por 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 Dirección General de Tráfico (DGT)⁽²⁴⁾ 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^(14,25). Mishan⁽²⁶⁾ 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 y con el fin de conseguir costes más homogéneos y comparables, dado que la actualización última de costes que hizo la DGT fue en 2011, se expresaron estos costes en euros de 2017 mediante el Índice de Precios al Consumo (IPC)⁽²⁷⁾ y con la tasa de crecimiento del PIB per cápita real de España^(28,29) actualizados para cada año, consiguiendo la pretendida homogeneidad y comparabilidad, cambiando ligeramente cada año por la variación de la renta real.

Con toda la información señalada se construyó una base de datos que tiene una estructura de datos de panel, por lo que se desarrollaron tres modelos de datos vinculados con cada uno de los ahorros de costes que definimos y asociados con diferentes riesgos. Se formuló la siguiente expresión para la provincia i durante el período t :

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \dots + \beta_K X_{kit} + \mu_i + \varepsilon_{it}$$

En esta fórmula, y_{it} es el ahorro de costes vinculado al riesgo de mortalidad o lesividad evitado para la provincia i en el año t , X_{kit} representa las variables independientes, μ_i son los interceptos específicos de cada provincia y, finalmente, ε_{it} es el término del error.

Se comprobó el cumplimiento o no de los supuestos de Gauss-Markov para conocer si el estimador de Mínimos Cuadrados Ordinarios era el mejor estimador. Por ello, en primer lugar, en los tres modelos se aplicó la prueba de exogeneidad de Davidson-MacKinnon para cada una de las variables, instrumentadas mediante su retardo de orden 1. Esta indicó que no existían problemas de endogeneidad para los modelos de riesgo de mortalidad y lesividad leve. Sin

embargo, si existían problemas en el modelo del riesgo de lesividad grave respecto a la densidad de población, la tasa de paro y el grado de ocupación. Para tratar esto, se incluyeron estas variables retardadas un período únicamente en ese modelo.

El test de Hausman no rechazó el estimador de efectos aleatorios como un estimador adecuado, por lo que se empleó este último por ser más eficiente que el de efectos fijos. No existieron problemas de multicolinealidad, con un VIF (factor de inflación de la varianza) conjunto de 1,37 y VIF muy inferiores a 10 para todas las variables independientes. El test de Wooldridge indicó que únicamente existía presencia de autocorrelación para el modelo vinculado al riesgo de mortalidad. Las pruebas de Levene y Forsythe-Browne indicaron presencia de heterocedasticidad en los modelos de mayor gravedad (mortalidad y lesividad grave). Tanto las variables individuales como los modelos en conjunto presentaron dependencia transversal. Se aplicaron los test de raíces unitarias de Pesaran y de Fisher, mostrando que todas las variables empleadas eran estacionarias.

El incumplimiento de los diferentes supuestos condujo a estimar los modelos usando Errores Estándar Corregidos para Datos de Panel (PCSE). Así, también se presentaron los resultados aplicando el estimador dinámico (GMM) propuesto por Arellano-Bond.

RESULTADOS

Las cifras expuestas en esta sección están referidas principalmente a las estimaciones de los modelos obtenidos con Errores Estándar para Datos de Panel (PCSE), al ser el modelo que mejor se ajustaba al objetivo del estudio.

Primeramente, las estimaciones del ahorro de costes asociado al riesgo de mortalidad evitado en vías interurbanas revelaron que, *ceteris*

paribus, el incremento de un punto porcentual de la tasa de motorización generó un ahorro de costes de 359,15€ por MVKR (tabla 2). El impacto de un aumento del 1% del volumen de tráfico o de la tasa de paro ocasionó un ahorro de costes para las provincias españolas de 162,46€ y 31,43€ por MVKR, respectivamente. Sin embargo, la implantación y vigencia del permiso de conducción por puntos condujo a

un incremento de costes de 785,50€ por MVKR y el crecimiento del 1% del índice de envejecimiento o del PIB per cápita provincial generó un incremento de costes de 276,83€ o 155,50€ por MVKR, respectivamente.

El modelo dinámico Arellano-Bond advirtió que, aunque un incremento de 1€ del ahorro de costes del año previo generó un mayor coste de

Tabla 2
Estimaciones del modelo del ahorro de costes asociado al riesgo de mortalidad.

Estimaciones	Modelo de datos de panel con PCSE ⁽¹⁾	Estimación Arellano-Bond
Ahorro de costes del riesgo de mortalidad retardado	-	-0,2289608 (0,0001)
Permiso de conducción por puntos	-785,502 (0,006)	-427,9441 (0,646)
Volumen de tráfico	162,4604 (0,0001)	142,1936 (0,0001)
Tasa de motorización	359,1456 (0,002)	702,1039 (0,0001)
Densidad de población	28,97465 (0,858)	-228,4098 (0,443)
Tasa de paro	31,42831 (0,0001)	19,90173 (0,019)
PIB per cápita	-155,501 (0,002)	-278,6521 (0,0001)
Precipitaciones	-4,521505 (0,263)	-5,293393 (0,273)
Proporción de vías de alta capacidad	20,38312 (0,420)	-7,903359 (0,791)
Inversión en reposición por kilómetro de vía	6,682285 (0,104)	11,57876 (0,001)
Inversión en construcción por kilómetro de vía	-0,0010565 (0,549)	-0,0000405 (0,960)
Grado de ocupación hotelera	-4,159972 (0,883)	-17,06973 (0,572)
Proporción de viajeros no residentes	-19,24098 (0,489)	-49,54497 (0,0042)
Índice de envejecimiento	-276,8274 (0,005)	-474,7179 (0,006)
Constante	1.600,513 (0,001)	-
R ²	0,1867	-
Test significación conjunta	177,22 ^(*)	6.659,39 ^(*)
Número de observaciones	772	715

(1) Panel Corrected Standard Errors (Errores Estándar Corregidos para Panel); p-valor entre paréntesis; (*) Significativo al 5%; (**) Significativo al 10%.

0,23€ por MVKR y la proporción de viajeros no residente ocasionó un coste de 49,54€ por MVKR, el crecimiento de un punto porcentual de la inversión en reposición por kilómetro permitió lograr ahorros de 11,58€ por MVKR en relación con el riesgo de mortalidad evitado.

Respecto al ahorro de costes del riesgo de lesividad grave en accidentes de tráfico en la

red de carreteras españolas, un incremento del 1% del volumen de tráfico, de la inversión en reposición por kilómetro o de la tasa de paro produjo un ahorro de costes de 115,32€, 11,69€ o 10,76€ por MVKR, respectivamente (tabla 3). El efecto de un cambio de una unidad porcentual en el nivel de envejecimiento de las provincias españolas ocasionó un coste de 257,49€ por MVKR. Además, el nivel de desarrollo

Tabla 3
Estimaciones del modelo del ahorro de costes asociado al riesgo de lesividad grave.

Estimaciones	Modelo de datos de panel con PCSE ⁽¹⁾	Estimación Arellano-Bond
Ahorro de costes del riesgo de mortalidad retardado	-	-0,2727965 (0,000)
Permiso de conducción por puntos	-64,00849 (0,888)	26,55733 (0,937)
Volumen de tráfico	115,3251 (0,0001)	93,11195 (0,0001)
Tasa de motorización	153,1258 (0,103)	93,15558 (0,210)
Densidad de población	-118,751 (0,421)	184,3097 (0,161)
Tasa de paro	10,76333 (0,092)	16,85616 (0,008)
PIB per cápita	-138,0957 (0,004)	-100,1753 (0,011)
Precipitaciones	-2,491138 (0,447)	-2,98573 (0,222)
Proporción de vías de alta capacidad	2,071826 (0,911)	-29,29693 (0,059)
Inversión en reposición por kilómetro de vía	11,69146 (0,0001)	9,283676 (0,002)
Inversión en construcción por kilómetro de vía	-0,0037991 (0,014)	-0,0025616 (0,290)
Grado de ocupación hotelera	-15,5729 (0,537)	-7,046622 (0,742)
Proporción de viajeros no residentes	-41,99033 (0,032)	-45,31087 (0,001)
Índice de envejecimiento	-257,4858 (0,010)	-361,1614 (0,0001)
Constante	1.019,981 (0,028)	1.362,887 (0,0001)
R ²	0,1534	-
Test significación conjunta	132,53 ^(*)	219,77 ^(*)
Número de observaciones	724	715

(1) Panel Corrected Standard Errors (Errores Estándar Corregidos para Panel); p-valor entre paréntesis; (*) Significativo al 5%; (**) Significativo al 10%.

económico expresado por PIB per cápita y el turismo extranjero (proporción de viajeros no residentes) generó un coste de 138,09€ y 42€ por MVKR.

Las estimaciones mediante un modelo de datos de panel dinámico (Arellano-Bond) evidenciaron que un aumento del ahorro de costes del riesgo de mortalidad del año previo

en 1€ tuvo un efecto de 0,27€ de coste. Además, el crecimiento en un punto porcentual de la proporción de vías de alta capacidad se relacionó con un coste superior de 29,30€ por MVKR.

La dirección del impacto de los factores seleccionados sobre el ahorro de costes del riesgo de lesividad leve fue similar a los dos riesgos anteriormente descritos (tabla 4).

Tabla 4
Estimaciones del modelo del ahorro de costes asociado al riesgo de lesividad leve.

Estimaciones	Modelo de datos de panel con PCSE ⁽¹⁾	Estimación Arellano-Bond
Ahorro de costes del riesgo de mortalidad retardado	-	-0,0249705 (0,488)
Permiso de conducción por puntos	-34,06392 (0,152)	-70,5215 (0,078)
Volumen de tráfico	10,10276 (0,0001)	10,52063 (0,001)
Tasa de motorización	10,32928 (0,057)	3,094709 (0,723)
Densidad de población	-8,285363 (0,294)	31,15107 (0,029)
Tasa de paro	0,9806741 (0,039)	1,553031 (0,008)
PIB per cápita	-8,212474 (0,011)	-7,142107 (0,098)
Precipitaciones	-0,2578542 (0,211)	-0,4547016 (0,001)
Proporción de vías de alta capacidad	-0,1854173 (0,874)	1,883943 (0,349)
Inversión en reposición por kilómetro de vía	0,5260233 (0,033)	0,1742361 (0,115)
Inversión en construcción por kilómetro de vía	-0,0003079 (0,130)	-0,0002432 (0,0001)
Grado de ocupación hotelera	-0,4399131 (0,782)	0,4686531 (0,896)
Proporción de viajeros no residentes	-0,5395821 (0,631)	-1,721385 (0,545)
Índice de envejecimiento	-3,375334 (0,537)	7,435437 (0,552)
Constante	39,81733 (0,108)	-
R ²	0,1160	-
Test significación conjunta	101,30 ^(*)	192,66 ^(*)
Número de observaciones	772	715

(1) Panel Corrected Standard Errors (Errores Estándar Corregidos para Panel); p-valor entre paréntesis; (*) Significativo al 5%; (**) Significativo al 10%.

El incremento del 1% de la tasa de motorización o el volumen de tráfico posibilitaron a las provincias españolas ahorrar 10,33€ o 10,10€ por MVKR, respectivamente. Mientras el efecto de un aumento de la tasa de paro o la inversión en reposición por kilómetro de vía fue menor (0,98€ - 0,53€ por MVKR), un crecimiento del 1% del PIB per cápita llevó a las provincias españolas a un coste de 8,21€ por MVKR.

Finalmente, la incorporación del ahorro de costes del año previo (Arellano-Bond) proporcionó algunos resultados diferentes: el ahorro de costes de 31,15€ por MVKR que se generó por un incremento de la densidad de población se vio contrarrestado con un coste de 70,52€ ocasionado por la entrada en vigor y vigencia del permiso de conducción por puntos.

DISCUSIÓN

Los resultados hallados respecto a las estimaciones de los factores determinantes del ahorro de costes por accidentes de tráfico en España suponen una novedad para la literatura científica, no sólo por la significación de los factores considerados para la comunidad científica y los decisores políticos, sino por la definición de riesgo de mortalidad o lesividad a partir de la de víctima evitada empleada por Sánchez et al (en prensa).

Los coeficientes positivos de la tasa de motorización revelan la importancia de este factor para lograr ahorros de costes en los riesgos de mortalidad y lesividad leve, en línea con la relación hallada por otras investigaciones científicas^(30,10). Este hallazgo indica que predomina el efecto de mayor nivel de desarrollo de las provincias: mayores tasas de motorización se asocian a mejores infraestructuras, vehículos y actitudes sociales de seguridad vial.

Los ahorros de costes relacionados con los tres riesgos evitados definidos se ven favorecidos

por el crecimiento del volumen de tráfico o el empeoramiento del entorno económico. En primer lugar, el coeficiente positivo estadísticamente significativo del volumen de tráfico advierte un efecto positivo para la seguridad vial provocado por una mayor congestión. Esto conduce a menores velocidades, reduciendo el riesgo de fallecer o sufrir lesiones en accidentes de tráfico y, por tanto, a ahorros de costes^(31,32). En segundo lugar, una situación económica desfavorable ocasiona un menor riesgo de mortalidad y lesividad en las provincias españolas, en línea con los resultados de las investigaciones de Elvik⁽¹⁴⁾ y Sánchez et al⁽⁴⁾. En épocas de recesión económica, se puede ver reducido el número de kilómetros recorridos por el tráfico pesado, menores velocidades y conducciones más moderadas por incremento del precio de los combustibles o por una menor proporción de conductas de conducción menos arriesgadas⁽³³⁾.

El crecimiento del esfuerzo inversor materializado a través de la inversión en reposición por kilómetro repercute en el crecimiento económico del país. Así, el coeficiente positivo estadísticamente significativo en los modelos de lesividad y mortalidad (este último únicamente en el modelo Arellano-Bond) denotan que el crecimiento de la inversión en mejorar y mantener las vías interurbanas en España ocasiona ahorros de costes por el riesgo de fallecer o sufrir algún tipo de lesión en ellas, un resultado en línea con lo encontrado por Albalade et al⁽³⁴⁾ y Sánchez et al⁽⁴⁾ en sus trabajos.

Las estimaciones de algunos de los factores determinantes seleccionados revelan su incidencia negativa sobre la capacidad de reducir el riesgo de accidentalidad y, por tanto, el ahorro de costes por la siniestralidad vial en las vías interurbanas de las provincias españolas. El coeficiente negativo estadísticamente significativo del PIB per cápita en los tres modelos estimados advierte del efecto negativo del crecimiento económico, ocasionando un coste

del riesgo de mortalidad o lesividad superior al esperado^(35,36).

El coeficiente positivo estadísticamente significativo del factor “proporción de viajeros no residentes” revela el efecto que el turismo tiene sobre la siniestralidad vial⁽³⁷⁾, generando un incremento de costes vinculado al riesgo de lesividad grave. El desconocimiento del entorno de estos conductores no residentes y la dificultad de intercambio transfronterizo de información en el ámbito de la seguridad vial con relación a las sanciones a infractores extranjeros podrían justificar este hallazgo, adquiriendo cierta relevancia para la comunidad científica y los decisores políticos. No obstante, en referencia a la dificultad de intercambio de información, si bien es cierto que la *Directiva 2015/413* del Parlamento Europeo y del Consejo de 11 de marzo de 2015 por la que se facilita el intercambio transfronterizo de información sobre infracciones de tráfico en materia de seguridad vial, y que tiene su transposición nacional en el *Real Decreto Legislativo 6/2015*, de 30 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la *Ley sobre Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y seguridad vial*, su aplicación solo repercute a dos años de nuestro periodo de estudio.

Los cambios que sufre la estructura de la población de las provincias, medidos a través del índice de envejecimiento, repercuten negativamente en la economía de las provincias españolas, con un coste superior para los riesgos de mortalidad y lesividad, lo que se sitúa en la línea de otros estudios^(10,38), cuyos resultados demuestran el riesgo de accidente superior de la población de mayor edad.

La efectividad del permiso de conducción por puntos para mejorar la seguridad vial en las vías interurbanas de España se ve cuestionada con los resultados obtenidos en los modelos vinculados al riesgo de mortalidad y lesividad leve

(Arellano-Bond). El coeficiente estadísticamente significativo en esos modelos indica que su vigencia genera un coste superior al esperado, lo que refuerza la idea del agotamiento de su capacidad para mejorar la seguridad vial^(39,40).

Este hallazgo representa una novedad para la literatura científica por la evidencia del impacto contrario al esperado en la seguridad vial de España, encontrado por otras investigaciones cuya metodología y período de estudio son similares a las empleadas en esta investigación⁽⁴⁾. Además, conviene destacar la relevancia que adquiere este resultado para la definición de la política de seguridad vial en un futuro próximo, siendo necesaria una reconfiguración de esta medida legislativa para evitar que su efecto en la seguridad vial se convierta en un freno al crecimiento económico del país.

Finalmente, los resultados de la variable dependiente retardada en los modelos asociados al riesgo de mortalidad y lesividad grave indican un leve impacto negativo al crecimiento económico de las provincias españolas por el mayor coste que ocasiona, lo que no está sustentado por las investigaciones científicas revisadas.

Como conclusiones, el presente trabajo analiza cómo afectan diferentes factores condicionantes, asociados a la siniestralidad vial, al ahorro de costes por el riesgo de mortalidad o lesividad evitado en vías interurbanas en España en el período 2000-2017. Los hallazgos encontrados en las diferentes regresiones a través de modelos de datos de panel constituyen una novedad para la comunidad científica y la comunidad política encargada de planificar la política de seguridad vial en España.

El nivel de desarrollo de las provincias españolas medido mediante la tasa de motorización se erige como un factor condicionante importante para minorar el impacto económico de las consecuencias más directas de los accidentes de

tráfico. La vinculación de la tasa de motorización a mejores sistemas de transporte, vehículos o actitudes sociales constata la importancia para la seguridad vial de destinar recursos a la investigación, para conseguir sistemas de transporte mejores, vehículos más seguros y una población educada en el valor de la seguridad vial. Además, la inversión en reposición y mejora de las vías interurbanas debe servir de apoyo para conseguir esas mejoras del sistema de transporte, para conseguir así los mejores resultados en la tarea de reducir el riesgo de fallecer o sufrir lesiones en accidentes de tráfico en España.

Las vías más congestionadas ralentizan las velocidades asumidas, lo que representa un menor riesgo de accidentalidad. Por ello, los factores de atracción de población y, por tanto, de desplazamientos de las ciudades y provincias españolas, suponen un determinante de la seguridad vial. Ello, unido a las diferencias en la situación económica de las provincias, puede actuar de agente caracterizador del crecimiento económico de las provincias españolas, considerando su efecto en el ahorro de costes por el riesgo de mortalidad o lesividad evitado.

Los responsables de la configuración de la política de seguridad vial deben considerar, por un lado, el efecto que el crecimiento económico tiene en siniestralidad vial y, por otro lado, las previsiones futuras de la estructura de la población, cada vez más envejecida, con el fin de conseguir una configuración óptima con los recursos disponibles. Precisamente, esos responsables son los que tienen la obligación de realizar una revisión y reconfiguración del permiso de conducción por puntos, cuya efectividad está siendo cuestionada en los últimos años.

El trabajo realizado no está exento de limitaciones, entre las que podemos destacar:

– La utilización de los valores de vida estadística proporcionados por Abellán et al^(12,13)

implica presuponer que las preferencias de los ciudadanos respecto a la seguridad vial no han cambiado durante el período analizado, lo que supone un supuesto restrictivo respecto a la realidad. Aun así, es asumible el efecto que ello puede tener en la valoración de las tres variables dependientes. En segundo lugar, la presencia de dependencia transversal en las variables independientes induce a tomar con cautela los resultados del modelo dinámico Arellano-Bond, cuyas estimaciones, en presencia de dependencia entre las secciones transversales, no son tan eficientes como las obtenidas bajo el supuesto de independencia transversal.

– Aunque el análisis se lleva a cabo utilizando información desagregada por provincias y considerando los MVKR, los efectos sobre el ahorro de costes se cuantifican de forma agregada para todo el territorio nacional. Sería interesante conocer cuáles son los efectos específicos en cada tipo de vía, dependiendo de si es titularidad del Estado, de las comunidades autónomas o de las diputaciones provinciales, hecho que no está desagregado en este trabajo

– También podemos considerar como una limitación la falta de consideración del impacto de las condiciones de la atención sanitaria, tanto de urgencia como extra-hospitalaria y, en general, a la posible falacia ecológica presente en el trabajo.

– No podemos obviar que existe interrelación entre las variables dependientes definidas y diferentes variables asociadas o vinculadas a factores urbanos, locales o regionales que no están incorporadas en nuestros modelos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Dirección General de Tráfico. Anuario estadístico de accidentes 2017. Madrid: Dirección General de Tráfico, 2018.

2. Dirección General de Tráfico. Las principales cifras de la Siniestralidad Vial España 2017. Madrid: Dirección General de Tráfico, 2018.
3. Abdel-Aty MA, Radwan AE. Modeling traffic accident occurrence and involvement. *Accid Anal Prev* 2000; 32(5), 633-642. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0001-4575\(99\)00094-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0001-4575(99)00094-9).
4. Sánchez MP, Escribano F, Tejada, A. Impact of provincial characteristics on the number of traffic accidents victims on interurban roads in Spain. *Accid Anal Prev* 2018; 118, 178-189. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2018.02.015>.
5. Albalate D. Lowering blood alcohol content levels to save lives: The European Experience. *J Policy Anal Manage* 2008; 27(1), 20-39. doi: <http://dx.doi.org/10.1002/pam.20305>.
6. Pulido J, Lardelli P, De la Fuente L, Flores VM, Vallejo F, Regidor E. Impact of the demerit point system on road traffic accident mortality in Spain. *J Epidemiol Community Health* 2010; 64, 274-276. doi: <http://dx.doi.org/10.1136/jech.2008.082461>.
7. Gerdtham U, Ruhm C. Death rises in good economic times: Evidence from the OECD. *Econ Human Biol* 2006; 4(3), 298-316. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ehb.2006.04.001>.
8. Kweon YJ. What affects annual changes in traffic safety? A macroscopic perspective in Virginia. *J Safety Res* 2015; 53, 17-21. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsr.2015.03.003>.
9. Bishai D, Quresh A, James P, Ghaffar A. National road casualties and economic development. *Health Econ Rev* 2006; 15, 65-81. doi: <http://dx.doi.org/10.1002/hec.1020>.
10. Castillo-Manzano JI, Castro-Nuño, M, Fageda X. Can cars and trucks coexist peacefully on highways? Analyzing the effectiveness of road safety policies in Europe. *Accid Anal Prev* 2015; 77, 120-126. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2015.01.010>.
11. Blows S, Ivers R, 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: <http://dx.doi.org/10.1136/ip.9.4.35.3>.
12. Abellán JM, Martínez JE, Méndez I, Pinto JL, Sánchez MF. El valor monetario de una vida estadística en España. Madrid: Dirección General de Tráfico, 2011. Disponible en: <https://www.mscbs.gob.es/profesionales/saludPublica/prev-Promocion/Lesiones/JornadaDecenioAccionSeguridadVial/docs/InformeVVEJorgeMartinez.pdf>.
13. Abellán JM, Martínez JE, Méndez I, Sánchez FI, Pinto JL, Robles JA. 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. Disponible en: http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/investigacion/estudios-e-informes/2011/SPAD1A_-.ESTIMACION-EN-EL-CONTEXTO-DE-LOS-ACCIDENTES-DE-TRAFICO_INFORME-PARA-WEB.pdf.
14. Elvik R. An analysis of official economic valuations of traffic accident fatalities in 20 motorized countries. *Accid Anal Prev* 1995; 27, 237-247. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0001-4575\(94\)00060-Y](http://dx.doi.org/10.1016/0001-4575(94)00060-Y).
15. Wijnen W, Stipdonk H. Social costs of road crashes: An international analysis. *Accid Anal Prev* 2016; 94, 97-106. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2016.05.005>.
16. Wijnen W, Weijmarns W, Schoeters A, Van den Berghe W, Bauer R, Carnis L, Martensen H. An analysis of official road crash cost estimates in European countries. *Saf Sci* 2019; 113, 318-327. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2018.12.004>.
17. Rose G. Sick individuals and sick populations. *Int J Epidemiol* 1985; 14(1), 32-38. doi: <http://dx.doi.org/10.1093/ije/14.1.32>.
18. 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. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.dib.2018.04.117>.
19. Instituto Nacional de Estadística. Hoteles: encuesta de ocupación, índice de precios e indicadores de rentabilidad. 2019 Disponible en INEbase: http://ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736177015&menu=resultados&secc=1254736195376&idp=1254735576863.

20. Instituto Nacional de Estadística. Indicadores de estructura de la población 2019. Disponible en INEbase: <http://ine.es/dynt3/inebase/es/index.htm?padre=2077&capsel=2083>.
21. Instituto Nacional de Estadística. Contabilidad regional de España. Base 2010. Serie homogénea 2000-2016. Disponible en INEbase: http://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736167628&menu=resultados&idp=1254735576581.
22. Sánchez MP, Escribano F, Tejada A. Ahorros de costes provinciales en los accidentes viales en España (2000-2014). *Gac San.* (en prensa).
23. Alfaro JL, Chapuis M, Fabre F. Socio-economic cost of road accidents: final report of action COST 313. Brussels: Comission of European Community,1994.
24. Dirección General de Tráfico. Las principales cifras de siniestralidad. España 2012. Madrid, 2013.
25. Mohamed HA. 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.
26. Mishan EJ. Evaluation of Life and Limb: A Theoretical Approach. *J of Polit Econ* 1971; 79, 687-705.
27. Instituto Nacional de Estadística. Variaciones del índice de precios al consumo. 2015. Disponible en <http://www.ine.es/varipc/index.do>.
28. Instituto Nacional de Estadística. Tasa de crecimiento del PIB per cápita de España. 2015. Disponible en https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736167628&menu=resultados&idp=1254735576581.
29. Instituto Nacional de Estadística. Tasa de crecimiento del PIB per cápita de España. 2016. Disponible en https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736167628&menu=resultados&idp=1254735576581.
30. Albalate D, Bel G. Motorways, tolls and road safety: evidence from Europe. *SERIEs* 2012; 3(4), 457- 473. doi: <https://doi.org/10.1007/s13209-011-0071-6>.
31. Zeng Q, Wen H, Huang H, Abdel-Aty M. A Bayesian spatial random parameters Tobit model for analyzing crash rates on roadway segments. *Accid Anal Prev* 2017; 100, 37-43. doi: [10.1016/j.aap.2016.12.023](https://doi.org/10.1016/j.aap.2016.12.023).
32. Zeng Q, Wen H, Huang H, Pei X, Wong S. A multivariate random-parameters Tobit model for analyzing highway crash rates by injury severity. *Accid Anal Prev* 2017; 99, 184-191. doi: [10.1016/j.aap.2016.11.018](https://doi.org/10.1016/j.aap.2016.11.018).
33. Yannis G, Papadimitriou E, Folla K. Effect of GDP changes on road traffic fatalities. *Saf Sci* 2014; 63, 42-49. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2013.10.017>.
34. Albalate D, Fernández L, Yarygina A. The road against fatalities: Infrastructure spending vs. regulation?? *Accid Anal Prev* 2013; 59, 227-239. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.06.008>.
35. Noland RB. Traffic fatalities and injuries: the effect of changes in infrastructure and other trends. *Accid Anal Prev* 2003; 35, 599-611. doi: [10.1016/S0001-4575\(02\)00040-4](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(02)00040-4).
36. Noland RB, Zhou Y. Has the great recession and its aftermath reduced traffic fatalities? *Accid Anal Prev* 2017; 98, 130-138. doi: [10.1016/j.aap.2016.09.011](https://doi.org/10.1016/j.aap.2016.09.011).
37. Roselló J, Saenz de Miera O. Road accidents and tourism: the case of the Balearic Islands (Spain). *Accid Anal Prev* 2011; 43, 675-683. doi: [10.1016/j.aap.2010.10.011](https://doi.org/10.1016/j.aap.2010.10.011).
38. Yee M, Cameron PA, Bailey M. Road traffic injuries in the elderly. *Emerg Med J* 2006; 23(1), 42-46. doi: <http://dx.doi.org/10.1136/emj.2005.023754>.
39. Castillo-Manzano JI, Castro-Nuño M. Driving licenses based on point systems: Efficient road safety strategy or latest fashion in global transport policy? A worldwide meta-analysis. *Transp Policy* 2012; 21, 191-201. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2012.02.003>.
40. 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(6), 645-652. doi: <https://doi.org/10.1007/s10198-013-0512-1>.