

Original

## Asociación del tipo de vehículo con el riesgo de provocar una colisión entre vehículos

Luis Miguel Martín-de-los Reyes<sup>a,b</sup>, Virginia Martínez-Ruiz<sup>a,c,d,\*</sup>, Pablo Lardelli-Claret<sup>a,c,d</sup>, Elena Moreno-Roldán<sup>a,c,d</sup>, Daniel Molina-Soberanes<sup>a,b</sup> y Eladio Jiménez-Mejías<sup>a,c,d</sup>

<sup>a</sup> Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública, Facultad de Medicina, Universidad de Granada, Granada, España

<sup>b</sup> Programa de Doctorado en Medicina Clínica y Salud Pública, Universidad de Granada, Granada, España

<sup>c</sup> CIBER de Epidemiología y Salud Pública (CIBERESP), España

<sup>d</sup> Instituto de Investigación Biosanitaria de Granada, Granada, España

### INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

#### Historia del artículo:

Recibido el 17 de julio de 2018

Aceptado el 5 de octubre de 2018

On-line el xxx

#### Palabras clave:

Accidente de tráfico

Vehículos a motor

Estudio de casos y controles

Factores de riesgo

Motocicletas

#### Keywords:

Traffic accident

Motor vehicles

Case-control studies

Risk factors

Motorcycles

### R E S U M E N

**Objetivo:** Cuantificar la magnitud de la asociación entre el tipo de vehículo y la probabilidad de ser el responsable de una colisión entre dos o más vehículos.

**Método:** A partir del registro de accidentes de tráfico con víctimas de la Dirección General de Tráfico (2014 y 2015) se diseñó un estudio de casos y controles emparejado. Los casos fueron los conductores infractores implicados en las 27.630 colisiones entre dos o más vehículos, en las que solo uno de los conductores implicados había cometido algún error de conducción o infracción. Cada caso se emparejó con los conductores no infractores de los vehículos implicados en el mismo accidente; en total se dispuso de 31.219 controles. Aparte de la comisión de infracciones y del tipo de vehículo implicado, se obtuvo información para otras características del conductor (edad, sexo, etc.) y del vehículo (antigüedad). Se calcularon *odds ratios* (OR) para cuantificar la asociación entre cada tipo de vehículo y la *odds* de ser el causante de la colisión, crudas y ajustadas (ORa) (regresión logística condicionada) por el resto de las variables recogidas.

**Resultados:** En comparación con los turismos, se obtuvo un menor riesgo de provocar la colisión para bicicletas (ORa: 0,30), ciclomotores (ORa: 0,52) y autobuses (ORa: 0,63), y un mayor riesgo para furgonetas (ORa: 1,19) y vehículos todoterreno (ORa: 1,33).

**Conclusión:** Los vehículos de dos ruedas y los autobuses tienen un menor riesgo de provocar colisiones que los turismos. Esta asociación es independiente de algunas características del conductor, así como de la antigüedad del vehículo.

© 2018 SESPAS. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

### Association between type of vehicle and the risk of provoking a collision between vehicles

#### A B S T R A C T

**Objective:** To quantify the magnitude of the association between the type of vehicle and the probability of being responsible for a collision between two or more vehicles.

**Method:** From the registry of road crashes with victims maintained by the Spanish Traffic General Directorate (2014 and 2015), a matched case-control study was designed. Cases were offending drivers involved in the 27,630 collisions between two or more vehicles in which only one of the drivers had committed a driving mistake or offence. Each case was matched with the non-offending drivers of the vehicles involved in the same crash: in all, 31,219 controls were included. Apart from the commission of offences and the type of vehicle involved, we got information about other characteristics of the driver (age, sex, etc.) and about the vehicle (age). Odds ratios (OR) were calculated in order to quantify the association between each type of vehicle and the odds of being responsible for the collision, crude and adjusted (by conditioned logistic regression) by the rest of collected variables.

**Results:** In comparison with private cars, bicycles had a lower risk of causing a collision (adjusted OR: .30), and also mopeds (aOR: .52) and buses (aOR: .63). Vans (aOR: 1.19) and four-wheel vehicles (aOR: 1.33) increased the risk.

**Conclusion:** Two-wheeled vehicles and buses had a lower risk of causing collisions than private cars. This association is independent of some of the characteristics of the driver, as well as the age of the vehicle.

© 2018 SESPAS. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

\* Autora para correspondencia.

Correo electrónico: [virruiz@ugr.es](mailto:virruiz@ugr.es) (V. Martínez-Ruiz).

<https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2018.10.007>

0213-9111/© 2018 SESPAS. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## Introducción

Es bien sabido que el riesgo de morir o de sufrir una lesión como consecuencia del tráfico varía considerablemente en función del tipo de usuario y del tipo del vehículo (peatón, ciclista, motociclista, conductor u ocupante de turismo, etc.)<sup>1-4</sup>. Teóricamente, esta variabilidad depende de tres componentes: el riesgo de sufrir el accidente (medido de forma absoluta o tras ajustarlo por la intensidad de exposición de cada vehículo), la gravedad intrínseca del accidente (cantidad de energía liberada) y la vulnerabilidad de cada usuario al impacto de dicha energía, estrechamente relacionada con el tipo de vehículo utilizado y causante de la mayor parte de esta variabilidad<sup>2,4-6</sup>. De hecho, se ha adoptado el concepto de «usuario vulnerable» para etiquetar a peatones y usuarios de vehículos de dos ruedas, quienes, por su falta de protección, tienen un elevado riesgo de sufrir lesiones y de muerte en caso de verse involucrados en un accidente de tráfico<sup>7</sup>.

En general, estimar el riesgo de sufrir un accidente de tráfico en función del tipo de vehículo conducido y ajustado por su intensidad de exposición es difícil, tanto por la complejidad de la valoración de esta última (número de desplazamientos, distancia recorrida o tiempo invertido)<sup>2</sup> como por la dificultad de disponer de registros válidos de accidentalidad, que sean independientes de sus consecuencias (es bien sabido que los registros policiales de accidentes infranotifican los accidentes sin víctimas o con heridos leves)<sup>8</sup>.

No obstante, esta falta de estimaciones válidas y fiables sobre la accidentalidad por tráfico asociada a cada tipo de vehículo no ha sido obstáculo para que, tanto entre la población general como particularmente entre los conductores de turismos y otros vehículos de cuatro o más ruedas, los vehículos de dos ruedas sean percibidos como peligrosos, con un alto riesgo de sufrir o provocar accidentes de tráfico<sup>9,10</sup>.

Dejando al margen los accidentes simples, en los que el conductor del único vehículo implicado tendrá, en mayor o menor medida, alguna responsabilidad en el accidente que ha sufrido, una aproximación al estudio de la variabilidad en el riesgo de provocar accidentes de tráfico dependiente del tipo de vehículo conducido, que soslaya la dificultad inherente a la estimación de la intensidad de exposición, consiste en comparar la probabilidad de ser el causante de una colisión entre dos o más vehículos en movimiento en función del tipo de vehículo conducido. La escasez de estudios sobre este tema, tanto internacionales como en nuestro país, nos ha suscitado la conveniencia de plantear el presente estudio, cuyo objetivo es cuantificar la asociación entre el tipo de vehículo conducido y la probabilidad de provocar colisiones entre vehículos en España, en 2014 y 2015.

## Métodos

Se ha diseñado un estudio de casos y controles retrospectivo, con un número variable de controles por caso emparejados por colisión, a partir de una población originalmente compuesta por todos los conductores implicados en accidentes de tráfico recogidos en la base de datos ARENA2 (Accidentes: REcogida de iNformación y Análisis), dependiente de la Dirección General de Tráfico (DGT), para los años 2014 y 2015. La aplicación ARENA 2, implantada en enero de 2014, es la principal herramienta diseñada por la DGT para disponer de un registro que, con los datos recogidos por los diferentes cuerpos policiales en la escena del accidente de tráfico, almacene toda la información sobre este y las personas implicadas en él. Salvo Cataluña y el País Vasco (que tienen estas competencias transferidas), el resto de las comunidades autónomas emplean dicha aplicación web, que utilizan la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil, el Observatorio Nacional de Seguridad Vial, los

Centros de Gestión de Tráfico, las Jefaturas Provinciales de Tráfico y algunas Policías Locales.

Sobre esta población original de conductores accidentados se aplicaron, sucesivamente, los siguientes criterios de inclusión, para dar lugar a la muestra de estudio finalmente analizada:

- Registros de accidentes de tráfico en los que no hubiera peatones implicados.
- Registros de accidentes de alguno de los siguientes tipos: colisión frontal, colisión frontolateral, colisión lateral, alcance, colisión múltiple.
- Registros en los que el valor de la variable del accidente «número de conductores implicados» coincidiera con la suma de los registros de los conductores vinculados al mismo accidente.
- Registros con valores conocidos para alguna de las cuatro variables que recogen la comisión de infracciones o errores del conductor en el registro de conductores implicados en accidentes de tráfico con víctimas.
- Vehículos implicados en colisiones limpias, entendiendo por tales aquellas en las que solo uno de los conductores implicados hubiera cometido alguno de los errores o infracciones de tráfico recogidos en la base de datos (véase más adelante).

Tras aplicar estos criterios se dispuso de 58.849 conductores de otros tantos vehículos implicados en 27.630 colisiones limpias en las que, por definición, otros tantos conductores cometieron algún error o infracción, y puesto que los restantes conductores implicados en la misma colisión no cometieron error o infracción alguna, fueron considerados responsables de la colisión y adscritos al grupo de casos. Dicho grupo de casos, por tanto, estuvo constituido por los 27.630 conductores infractores únicos en aquellos accidentes que cumplen las condiciones antes enumeradas. Los restantes 31.219 conductores no infractores constituyeron el grupo de controles (conductores no responsables de las colisiones en las que se habían visto envueltos) y se emparejaron con cada caso por estar implicados en la misma colisión.

La variable de desenlace (la que definió la condición de caso o control) fue la responsabilidad de la colisión (0: no; 1: sí). Para generar esta variable se utilizaron las siguientes cuatro variables originales del registro de la DGT: presunta infracción del conductor, presunta infracción sobre la velocidad del conductor, otra infracción del conductor y presuntos errores del conductor. En el [Apéndice 1 online](#) se muestran las categorías originales de estas cuatro variables. Se consideró como responsable a todo conductor que, en una colisión limpia, presentara algún valor distinto de «ausencia» o «desconocido» para alguna de las cuatro. Se consideró como no responsable a todo conductor que presentara ausencia de errores o infracciones en las cuatro variables. La variable de exposición fue el tipo de vehículo, reagrupando las categorías de la variable original (véase el [Apéndice 1 online](#)) en las siguientes: turismo, furgoneta, todoterreno, bicicleta, ciclomotor, motocicleta, autobús, camión, otros vehículos. Finalmente, se recogieron las siguientes características del conductor y del vehículo, por su posible papel como confusoras de la asociación entre el tipo de vehículo y la responsabilidad de la colisión: edad (<16, 16-17, 18-24, 25-34, 35-44 años [categoría de referencia], 45-54, 55-64, 65-74, >74), sexo (0: varón; 1: mujer), conducción bajo los efectos del alcohol (prueba no realizada, prueba negativa, prueba positiva), conducción bajo los efectos de otras drogas (prueba no realizada, prueba negativa, prueba positiva), uso de accesorios de seguridad (0: sí; 1: no), tipo de conductor (0: conductor profesional; 1: conductor particular) y años de antigüedad del vehículo. En el [Apéndice 1 online](#) se recogen las categorías de las variables del registro de la DGT empleadas para definir las variables anteriores.

Se realizó un análisis propio de un estudio de casos y controles emparejados, basado en la hipótesis de que, en una colisión entre dos o más vehículos en movimiento en la que solo uno de los conductores implicados ha cometido un error o infracción, la probabilidad de que dicho conductor (y el vehículo conducido por él) sea el responsable de la colisión es muy elevada. A partir de aquí, y una vez realizado el estudio descriptivo de todas las variables incluidas, se aplicaron modelos de regresión logística condicionada por la variable de emparejamiento (el código que identifica cada colisión), univariante y multivariante; en el primero solo se introdujo como variable independiente el tipo de vehículo recategorizado. Ello permitió obtener estimaciones de *odds ratio* (OR) cruda (ORc) y su correspondiente intervalo de confianza del 95%, para cada una de las categorías del tipo de vehículo, tomando a los turismos como categoría de referencia. En los modelos multivariantes se añadieron el resto de las variables potencialmente confusoras, lo que permitió obtener estimaciones de *odds ratios* ajustadas (ORA) para cada categoría de tipo de vehículo. Se construyeron tres modelos multivariantes. En el primero se incluyeron, además del tipo de vehículo, la edad, el sexo, el consumo de alcohol y el consumo de drogas. En el segundo se añadieron el uso de accesorios de seguridad (como potencial marcador de conducción de riesgo) y el tipo de conducción. Se trata de dos potenciales factores de confusión con un elevado número de datos faltantes, cuya introducción en el modelo obligaba a reducir drásticamente el tamaño de la población analizada. Por último, en el tercer modelo se añadió la variable años de antigüedad del vehículo (inexistente para las bicicletas). Todos los análisis se realizaron con el paquete estadístico Stata (versión 15)<sup>11</sup>.

## Resultados

En la [tabla 1](#) se presenta la distribución de casos y controles en función de todas las variables consideradas. En la [tabla 2](#) se muestran las ORc y las ORa para cada tipo de vehículo considerado, tomando siempre a los turismos como categoría de referencia. El patrón de asociaciones es prácticamente idéntico en el análisis

crudo y en los tres modelos multivariantes ajustados, y puede resumirse en los siguientes puntos:

- Existe una fuerte asociación inversa entre la conducción de vehículos de dos ruedas y el riesgo de provocar una colisión con otro vehículo, con OR que oscilan entre 0,30 (en el caso de la bicicleta) y 0,60 (en el caso de la motocicleta, solo ligeramente superior a la del ciclomotor).
- También existe una fuerte asociación inversa para los autobuses (OR: 0,47-0,63).
- Los vehículos de mayor tamaño que los turismos (camiones, furgonetas y especialmente vehículos todoterreno) se asocian a un moderado incremento en el riesgo de provocar una colisión. Para los vehículos todoterreno, que son los que muestran una asociación más fuerte de los tres, las OR oscilan entre 1,27 y 1,33.

En el [Apéndice 2 online](#) se presentan las ORa obtenidas en los modelos multivariantes para los factores de confusión incluidos en ellos.

## Discusión

Los resultados de nuestro estudio ponen de manifiesto que los vehículos de dos ruedas presentan un menor riesgo de provocar colisiones con otros vehículos, contrariamente a lo que parece percibirse. La sensación de peligrosidad típicamente asociada a este tipo de vehículos se debería a que la letalidad y la lesividad (y en consecuencia la repercusión social y mediática) de las colisiones en las que están implicados sus ocupantes es sensiblemente mayor que la de las colisiones en las que no lo están. De hecho, en esta línea, Bouaoun et al.<sup>2</sup>, en Francia, han demostrado que, una vez ajustada la intensidad de exposición, los motociclistas tienen una tasa de letalidad entre 20 y 32 veces mayor que la de los ocupantes de turismos. En los Estados Unidos, Beck et al.<sup>3</sup> elevan esta cifra a 58 (12 para las lesiones no fatales). Aunque el desenlace medido en ambos estudios es distinto al de nuestro trabajo, parece razonable

**Tabla 1**  
Distribución de casos y controles en función de las variables del estudio

Variable	Categoría	Casos		Controles	
		N	%	N	%
Sexo	Varón	20.105	72,8	21.688	69,5
	Mujer	7495	27,1	9504	30,4
	Desconocido	30	0,1	27	0,1
Edad	<16 años	167	0,6	77	0,3
	16-17 años	242	0,9	231	0,7
	18-24 años	3733	13,5	3151	10,1
	24-34 años	6355	23	7522	24,1
	35-44 años	6486	23,5	8633	27,7
	45-54 años	4763	17,2	6126	19,6
	55-64 años	2858	10,3	3338	10,7
	65-74 años	1744	6,3	1476	4,7
	>74 años	1129	4,1	501	1,6
Consumo de alcohol	Desconocida	153	0,6	164	0,5
	Prueba no realizada	14.410	52,2	17.417	55,8
	Prueba negativa	11.591	42	13.571	43,5
	Prueba positiva	1552	5,6	155	0,5
	Desconocido	77	0,3	76	0,2
Consumo de drogas	Prueba no realizada	26.670	96,5	30.480	97,6
	Prueba negativa	803	2,9	656	2,1
	Prueba positiva	93	0,3	19	0,1
	Desconocido	64	0,2	64	0,2
	Uso de accesorios de seguridad	Sí	22.380	81	26.606
	No	656	2,4	567	1,8
Tipo de conductor	Desconocido	4594	16,6	4046	13
	Profesional	1244	4,5	1773	5,7
	Particular	16.447	59,5	18.722	60
	Desconocido	9939	36	10724	34,4
Años de antigüedad del vehículo, media (desviación estándar)		10,3 (5,9)		9,7 (5,8)	

**Tabla 2**  
Odds ratios crudas y ajustadas de la asociación entre el tipo de vehículo y la probabilidad de ser el causante de la colisión (referencia: turismos)

	ORc	IC95%	ORa <sup>a</sup>	IC95%	ORa <sup>b</sup>	IC95%	ORa <sup>c</sup>	IC95%
Furgoneta	1,19	(1,12-1,27)	1,17	(1,09-1,25)	1,17	(1,06-1,29)	1,19	(1,08-1,31)
Todoterreno	1,27	(1,13-1,42)	1,26	(1,12-1,42)	1,28	(1,07-1,52)	1,33	(1,11-1,59)
Bicicleta	0,50	(0,45-0,55)	0,43	(0,38-0,48)	0,30	(0,25-0,36)	1,00	
Ciclomotor	0,60	(0,55-0,65)	0,46	(0,42-0,51)	0,50	(0,43-0,58)	0,52	(0,45-0,61)
Motocicleta	0,49	(0,46-0,52)	0,50	(0,47-0,54)	0,57	(0,51-0,63)	0,59	(0,53-0,65)
Autobús	0,47	(0,38-0,59)	0,52	(0,42-0,65)	0,55	(0,39-0,80)	0,63	(0,44-0,91)
Camión	1,12	(1,03-1,22)	1,15	(1,05-1,25)	1,28	(1,11-1,47)	1,28	(1,11-1,48)
Otros	0,79	(0,68-0,91)	0,78	(0,66-0,91)	0,91	(0,71-1,17)	1,04	(0,79-1,37)

IC95%: intervalo de confianza del 95%; ORa: odds ratio ajustada; ORc: odds ratio cruda.

<sup>a</sup> ORa por edad, sexo, consumo de alcohol y consumo de drogas.

<sup>b</sup> ORa por las variables anteriores, el uso de accesorios de seguridad y el tipo de conducción.

<sup>c</sup> ORa por las variables anteriores y los años de antigüedad del vehículo.

asumir que la creencia de que este tipo de vehículos son más peligrosos vendría mediada por el mayor riesgo de lesionarse y morir que tienen sus usuarios en caso de que se produzca un accidente.

Nuestros resultados son concordantes con los de otros estudios<sup>12-14</sup> que ponen de manifiesto que, en las colisiones de bicicletas o motocicletas con otros vehículos, los conductores de estos últimos son los más frecuentemente etiquetados como infractores o culpables de la colisión. En general, las razones más aducidas para explicar estas colisiones son no ceder el paso y la comisión de maniobras ilegales por parte de los otros conductores, asociadas generalmente a que no ven al usuario del vehículo de dos ruedas<sup>12,15,16</sup> (fenómeno conocido como «miré, pero no te vi»)<sup>17</sup>. Varios estudios han identificado la falta de visibilidad de los usuarios de vehículos de dos ruedas como un factor de riesgo de los accidentes de tráfico en los que están involucrados este tipo de vehículos<sup>15,18</sup>. Esto ha hecho que se recomiende mejorar la visibilidad de ciclistas y motociclistas (luces, ropa reflectora, etc.)<sup>19,20</sup>.

La menor responsabilidad de provocar colisiones asociada a los autobuses puede estar en relación, aparte de con su menor velocidad de circulación, con el carácter profesional de casi todos sus conductores y probablemente su mayor experiencia. En el ámbito de la conducción de turismos, en un diseño experimental llevado a cabo por Wu et al.<sup>21</sup> se ha comprobado que la accidentalidad de los taxistas es inferior a la de los conductores no profesionales.

Con respecto al incremento en el riesgo de provocar colisiones de vehículos todoterreno, y en menor medida furgonetas y camiones, también pueden apuntarse algunas hipótesis. Así, por ejemplo, Potter et al.<sup>22</sup> han observado un mayor riesgo de vuelcos y de acciones inapropiadas de los conductores de furgonetas en comparación con otro tipo de vehículos, en especial cuando tienen una carga completa de pasajeros o mercancías. Con respecto a los camiones, Zhao y Lee<sup>23</sup> han observado que, en las colisiones por alcance, el índice de propensión al accidente es mayor cuando el vehículo de delante es un turismo y el de atrás es un vehículo pesado que a la inversa, y atribuyen esta diferencia a la mayor distancia de frenado requerida por los segundos.

El riesgo de provocar colisiones asociado a cada tipo de vehículo tiene, en teoría, dos componentes: el que depende del propio vehículo y el relacionado con las características de su conductor. Nuestro estudio ha tratado de controlar este segundo componente introduciendo en los modelos multivariantes un conjunto de variables relacionadas con el conductor que, por ser factores o marcadores de riesgo de la accidentalidad, y por su asociación con el vehículo conducido<sup>24</sup>, pueden comportarse como factores de confusión. El ajuste por dichas variables apenas modifica la magnitud de la asociación entre el tipo de vehículo y el riesgo de provocar colisiones. Por ello, y a expensas de que existan otros factores del conductor no medidos en este estudio, todo parece indicar que la

mayor parte de las asociaciones observadas dependen del tipo de vehículo conducido y no tanto de su conductor. De igual forma, el posible efecto confusor de la antigüedad del vehículo, una variable asociada positivamente con el riesgo de sufrir accidentes de tráfico<sup>25</sup>, y que podría variar en función del tipo de vehículo, también ha sido controlado en nuestro estudio.

El patrón de asociaciones hallado en nuestro trabajo es semejante al que se obtiene en el estudio de Huang et al.<sup>5</sup> empleando el índice de agresividad del accidente, que es un índice construido para cada tipo de vehículo que pretende estimar la magnitud del daño que un cierto tipo de vehículo infringe a los restantes vehículos implicados en una colisión, con independencia de quién sea el causante de esta. Aunque nuestras estimaciones no están basadas en la probabilidad de provocar daños, sino en la probabilidad de provocar accidentes independientemente de las consecuencias que estos generen, sabemos que el registro de accidentes en el que nos basamos solo recoge accidentes con daños personales, y dentro de ellos tiende a sobrestimar los accidentes en que los daños son mayores.

Nuestro estudio presenta diversas fortalezas y limitaciones, que es necesario tener en cuenta. Con respecto a las primeras, al margen de aprovechar un registro de tan amplia cobertura como es el de la DGT, que nos ha permitido reducir la variabilidad de nuestras estimaciones de fuerza de asociación, hay que considerar que el emparejamiento de conductores responsables y no responsables implicados en la misma colisión permite el control simultáneo de todos los posibles factores de confusión, tanto conocidos como desconocidos, relacionados con las características de la colisión (fundamentalmente las dependientes del lugar y el momento en el que esta ocurre). Aunque es cierto que este diseño de casos y controles emparejado por colisión implica también un posible sesgo por sobreemparejamiento, creemos que el análisis emparejado de los datos (aplicando un modelo de regresión logística condicionado por colisión) lo controla adecuadamente. Otra desventaja del diseño emparejado es que impide estimar (salvo que no se tenga en cuenta el emparejamiento en el análisis) si la magnitud de las asociaciones identificadas entre el tipo de vehículo y la responsabilidad se modifica en función de variables relacionadas con el lugar y el momento en que ocurre la colisión (p. ej., el tipo y las características de la vía, las condiciones de visibilidad o la hora). Así pues, la magnitud de nuestras estimaciones debe entenderse como un valor promedio de todos los valores que se habrían obtenido en las diferentes circunstancias bajo las que ocurre cada colisión.

Con respecto a las limitaciones del estudio, estas son de diversa índole. De entrada, dada su naturaleza observacional, en ningún caso podemos afirmar que las asociaciones identificadas sean causales. Por otra parte, emplear el registro de accidentes de tráfico con víctimas de la DGT conlleva varios problemas:



- Este registro solo incluye accidentes con víctimas, por lo que nuestras asociaciones no son extrapolables a todas las colisiones ni, de forma específica, a las más leves (las que solo ocasionan daños en el vehículo). Sin embargo, incluso para las colisiones graves podríamos estar incurriendo en un sesgo de selección alejado del nulo si la gravedad de las lesiones (una variable asociada a la probabilidad de ser incluido en el registro) fuera mayor en los ocupantes de los vehículos cuyos conductores tuvieran una mayor probabilidad de ser no responsables de las colisiones en que se implican (en nuestro caso, p. ej., los vehículos de dos ruedas), lo cual no puede descartarse. Este sesgo podría, por tanto, estar sobrestimando la asociación inversa observada entre estos vehículos y la responsabilidad en la colisión.
- Con respecto a la posible confusión introducida por los factores dependientes del conductor, solo hemos podido controlar aquellos para los que existe información en el registro de la DGT. Sin embargo, incluso para alguno de estos factores el control es parcial; hay algunos de ellos, como el consumo de alcohol o drogas, para los que la calidad de la información disponible en el registro es cuestionable, y otros, como el uso de accesorios de seguridad y el tipo de conductor, para los que hay un elevado número de datos faltantes, lo que puede conducir a un sesgo de selección en las estimaciones obtenidas a partir de los modelos multivariantes, que únicamente incluyen aquellos registros con información disponible para todas las variables incluidas en el modelo. En conclusión, hemos de asumir que una parte considerable de la magnitud de las asociaciones observadas puede depender de la confusión residual atribuible a características no medidas de los conductores, relacionadas con sus estilos de conducción.

Otras limitaciones afectan al diseño del estudio, que se basa en asumir la hipótesis de que, en aquellas colisiones entre dos o más vehículos en las que solo uno de los conductores implicados ha cometido un error o una infracción, este tiene una alta probabilidad de ser el responsable de la colisión. Al margen de la plausibilidad de esta hipótesis, su correcta aplicación a nuestro diseño se basa en la validez con que los cuerpos policiales estiman, en la escena del accidente, la comisión de infracciones y errores por parte de cada uno de los conductores implicados. Lógicamente, no disponemos de información externa al registro que nos permita valorar esta cuestión. Así, nuestra principal asunción a este respecto es que, con independencia de que haya casos en los que dicha estimación no sea correcta, esta posible mala clasificación del desenlace (responsabilidad) no dependa del tipo de vehículo conducido (p. ej., que en una colisión entre un ciclista y un turismo, el hecho de ser un ciclista no influya en la predisposición del agente policial de asignarle a él más o menos infracciones de las que realmente pueda haber cometido), en cuyo caso estaríamos ante un sesgo de clasificación no diferencial que tendería a sesgar nuestras estimaciones hacia el nulo. Por lo demás, está claro que nuestra asunción de responsabilidad se restringe a las colisiones entre vehículos; no sabemos cuál es la probabilidad de los diferentes vehículos para provocar otros tipos de accidentes de tráfico.

A pesar de todas las limitaciones referidas en los párrafos anteriores, creemos que las asociaciones observadas en nuestro estudio deberían ser difundidas tanto entre las instituciones responsables de la seguridad vial como entre todos los usuarios de la vía, en particular entre los conductores de vehículos de cuatro o más ruedas, a efectos de que sean conscientes de su papel en la provocación de colisiones con los mucho más vulnerables usuarios de vehículos de dos ruedas.

En conclusión, nuestro estudio pone de manifiesto que el tipo de vehículo se asocia a una diferente probabilidad de provocar colisiones con otros vehículos. En concreto, en comparación con los turismos, los autobuses y los vehículos de dos ruedas (bicicletas, ciclomotores y motocicletas) tienen un considerable menor riesgo

de provocarlas. Una asociación de signo opuesto, aunque de menor magnitud, se da para los vehículos todoterreno, las furgonetas y los camiones.

#### ¿Qué se sabe sobre el tema?

La probabilidad de morir o resultar herido en un accidente de tráfico varía, entre otros factores, en función del tipo de vehículo implicado. El estudio de las colisiones entre vehículos según el tipo de vehículo se ha llevado a cabo en países de nuestro entorno, pero no en España.

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

Las bicicletas, los ciclomotores y los autobuses tienen un menor riesgo de provocar un accidente que un turismo, mientras que las furgonetas, los camiones y los todoterreno tienen un riesgo mayor.

#### Editor responsable del artículo

Carlos Álvarez-Dardet.

#### Declaración de transparencia

La autora principal (garante responsable del manuscrito) afirma que este manuscrito es un reporte honesto, preciso y transparente del estudio que se remite a GACETA SANITARIA, que no se han omitido aspectos importantes del estudio, y que las discrepancias del estudio según lo previsto (y, si son relevantes, registradas) se han explicado.

#### Contribuciones de autoría

P. Lardelli-Claret, V. Martínez-Ruiz, E. Jiménez-Mejías y L.M. Martín-de los Reyes diseñaron el estudio. E. Moreno-Roldán, D. Molina-Soberanes y L.M. Martín-de los Reyes realizaron el análisis estadístico. V. Martínez-Ruiz y L.M. Martín-de los Reyes escribieron el manuscrito. Todas las personas firmantes realizaron comentarios a las diferentes versiones y aceptaron la versión final.

#### Agradecimientos

A la Dirección General de Tráfico, por habernos facilitado la consulta y el uso del Registro Español de Accidentes de Tráfico con Víctimas, sin el cual la elaboración de este trabajo no hubiera sido posible.

#### Financiación

Ninguna.

#### Conflictos de intereses

Ninguno.

#### Anexo. Material adicional

Se puede consultar material adicional a este artículo en su versión electrónica disponible en [doi:10.1016/j.gaceta.2018.10.007](https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2018.10.007).

## Bibliografía

1. Trowbridge MJ, McKay MP, Maio RF. Comparison of teen driver fatality rates by vehicle type in the United States. *Acad Emerg Med.* 2007;14:850–5.
2. Bouaoun L, Haddak MM, Amoros E. Road crash fatality rates in France: a comparison of road user types, taking account of travel practices. *Accid Anal Prev.* 2015;75:217–25.
3. Beck LF, Dellinger AM, O'Neil ME. Motor vehicle crash injury rates by mode of travel United States: using exposure-based methods to quantify differences. *Am J Epidemiol.* 2007;166:212–8.
4. Elvik R, Vaa T, Høy A, et al. The handbook of road safety measures. 2nd ed. Bingley: Emerald Group Publishing; 2009. p. 1137.
5. Huang H, Siddiqui C, Abdel-Aty M. Indexing crash worthiness and crash aggressivity by vehicle type. *Accid Anal Prev.* 2011;43:1364–70.
6. Wenzel T. The effect of recent trends in vehicle design on U.S. societal fatality risk per vehicle mile traveled, and their projected future relationship with vehicle mass. *Accid Anal Prev.* 2013;56:71–81.
7. Shinar D. Safety and mobility of vulnerable road users: pedestrians, bicyclists, and motorcyclists. *Accid Anal Prev.* 2012;44:1–2.
8. Janstrup KH, Kaplan S, Hels T, et al. Understanding traffic crash under-reporting: linking police and medical records to individual and crash characteristics. *Traffic Inj Prev.* 2016;17:580–4.
9. Crundall D, Clarke D, Ward P, et al. Car drivers' skills and attitudes to motorcycle safety: a review. London, UK: Department for Transport; 2008. Road Safety Research Report N.º 85.
10. Broughton P, Walker L. Motorcycling and leisure: understanding the recreational PTW rider. Surrey: Ashgate Publishing, Ltd; 2009. p. 220.
11. Stata Statistical Software: Release 15. College Station, TX: StataCorp LLC; 2017.
12. Haworth N, Debnath AK. How similar are two-unit bicycle and motorcycle crashes? *Accid Anal Prev.* 2013;58:15–25.
13. Haque MM, Chin HC, Huang H. Modeling fault among motorcyclists involved in crashes. *Accid Anal Prev.* 2009;41:327–35.
14. de Rome L, Senserrick T. Factors associated with motorcycle crashes in New South Wales Australia, 2004 to 2008. *Transp Res Rec.* 2011;2265:54–61.
15. ACEM. In-depth investigation of accidents involving powered two wheelers – final report 2.0. Brussels: Association of European Motorcycle Manufacturers; 2008.
16. Haque MM, Chin HC, Debnath AK. An investigation on multi-vehicle motorcycle crashes using log-linear models. *Saf Sci.* 2012;50:352–62.
17. Brown ID. A review of the “looked but failed to see” accident causation factor. London, UK: Department of Transport, Local Government and the Regions; 2002. Road Safety Research Report N.º 60.
18. Wells S, Mullin B, Norton R, et al. Motorcycle rider conspicuity and crash related injury: case-control study. *BMJ.* 2004;328:857.
19. Wood JM, Lacherez PF, Marszalek RP, et al. Drivers' and cyclists' experiences of sharing the road: incidents, attitudes and perceptions of visibility. *Accid Anal Prev.* 2009;41:772–6.
20. Pai C-W, Hwang KP, Saleh W. A mixed logit analysis of motorists' right-of-way violation in motorcycle accidents at priority T-junctions. *Accid Anal Prev.* 2009;41:565–73.
21. Wu J, Yan X, Radwan E. Discrepancy analysis of driving performance of taxi drivers and non-professional drivers for red-light running violation and crash avoidance at intersections. *Accid Anal Prev.* 2016;91:1–9.
22. Potter T, Dubois S, Haras K, et al. Fifteen-passenger vans and other transportation options: a comparison of driver, vehicle, and crash characteristics. *Traffic Inj Prev.* 2013;14:706–11.
23. Zhao P, Lee C. Assessing rear-end collision risk of cars and heavy vehicles on freeways using a surrogate safety measure. *Accid Anal Prev.* 2018;113:149–58.
24. Keall MD, Newstead S. Passenger vehicle safety in Australasia for different driver groups. *Accid Anal Prev.* 2011;43:684–9.
25. Cooper PJ, Osborn J, Meckle W. Estimating the effect of the vehicle model year on crash and injury involvement. *Proc Inst Mech Eng Part D J Automob Eng.* 2010;224:1527–39.