

LONGEVITY OF DRIVERS AND AGE OF VEHICLES: IMPACT ON THE ACCIDENTS' SEVERITY

LONGEVIDAD DE LOS CONDUCTORES Y ANTIGÜEDAD DE LOS VEHÍCULOS: IMPACTO EN LA SEVERIDAD DE LOS ACCIDENTES

Mercedes Ayuso¹, Rodrigo Sánchez¹, Miguel Santolino^{1*}

¹*Dpto. Econometría, Estadística y Economía Aplicada, Riskcenter-IREA; Universitat de Barcelona, Av. Diagonal, 690, 08034 Barcelona*

Fecha de recepción: 2 de julio de 2019

Fecha de aceptación: 23 de octubre de 2019

Abstract

Differences on the traffic accident severity between new and old vehicles are analyzed, taking into account the association between the age of the vehicle and the age of drivers. We showed that the ageing of the Spanish vehicle fleet is associated with the severity of motor injuries, especially significant in case of drivers over 75 years driving vehicles older than 12 years. The age of the driver and the age of the vehicle are two main risk factors considered in insurance pricing. In addition, the severity of claims has a direct impact on the estimation of reserves.

Keywords: car fleet, elderly drivers, bodily injury severity, technological improvements, road safety systems

Resumen

Analizamos las diferencias en la gravedad de los siniestros que afectan a vehículos nuevos y antiguos, teniendo en cuenta la asociación entre la

Se agradece la ayuda recibida del Ministerio de Economía y Competitividad- FEDER ECO2016-76203-C2-2-P. Agradecemos a la *Dirección General de Tráfico* el acceso a los datos.

* Autor para correspondencia: msantolino@ub.edu.

antigüedad del vehículo y la edad avanzada de los conductores. El envejecimiento del parque automovilístico muestra asociación con la gravedad de las lesiones, más pronunciada en el caso de los conductores mayores de 75 años cuando conducen vehículos de antigüedad superior a los 12 años. La edad del conductor y la antigüedad del vehículo son factores de riesgo fundamentales en el cálculo de primas. Además, la gravedad de los siniestros impacta directamente en el cálculo de reservas.

Palabras clave: parque de vehículos, conductores mayores, gravedad de las lesiones, tecnología del automóvil, nuevas medidas de seguridad

1. Introducción

El objetivo de este artículo es demostrar como el aumento de la antigüedad de los vehículos en circulación y de la edad de los conductores, como consecuencia de la mayor longevidad, afecta a la severidad de los accidentes de tráfico. La antigüedad media del parque de vehículos ha aumentado en España en los últimos años de forma significativa pasando de los 7.65 años en 2002 a los 12.21 en 2017 (ANFAC, 2017). A ello se suma el aumento significativo del número de conductores con más de 65 años de edad, para los que se demuestra una asociación directa con la gravedad de los siniestros (Ayuso, Sánchez-Reyes, y Santolino, 2019). Según la DGT (2018) el porcentaje que representan los conductores mayores de 65 años respecto al total de conductores ha pasado del 10.24% en 2007 al 14.34% en 2016, de los cuales el 9.6% tiene entre 65 y 75 años de edad, y el 4.7% son mayores de 75 años. La tendencia creciente que se viene observando se espera que se acentúe en los próximos años, como consecuencia del mayor número esperado de personas en los intervalos de edades superiores a los 65 años consecuencia del baby boom (Bavel y Reher, 2013).

Tanto la antigüedad del vehículo como la edad del conductor asegurado son dos de los factores tradicionalmente usados en el cálculo de las primas de automóviles, por lo que resulta de especial interés analizar cómo se ven afectados por el aumento de la esperanza de vida, sobre todo, en la población de mayor edad (Ayuso y Holzmann, 2014).

En este estudio analizamos la gravedad de los accidentes de tráfico segmentando por los años de antigüedad del automóvil, en este caso utilizando la antigüedad media del parque de vehículos en nuestro país como valor de referencia (ANFAC, 2017). Para cada grupo homogéneo de riesgo analizamos qué factores relacionados con el vehículo, el conductor y el

accidente tienen un impacto significativo en la gravedad del siniestro. Adicionalmente, incluimos la edad del conductor como variable de interés. Diferentes estudios reflejan como el efecto del envejecimiento de los conductores en la severidad de las víctimas y de los accidentes es significativo (Ayuso, et al., 2019, Johannsen y Müller, 2013; Clarke, Ward, Bartle, y Truman, 2010; Baldock y McLean, 2005).

La antigüedad de los vehículos es un factor de riesgo de gran importancia en el ámbito de la seguridad vial. Distintos trabajos han cuantificado el incremento del riesgo derivado de las lesiones producidas por los vehículos antiguos, midiendo la correlación entre el año (generación) del vehículo y la severidad del accidente (NHTSA, 2013; Blows, Ivers, Woodward, Connor, Ameratunga, y Norton, 2003; Rich, Prato, Hels, Lyckegaard, y Kristensen, 2013) analizan la relación entre la antigüedad del vehículo y la severidad de los accidentes automovilísticos en Dinamarca, concluyendo que las generaciones de automóviles más nuevas están asociadas a reducciones significativas en la probabilidad de sufrir lesiones y de fallecer como consecuencia de los siniestros. En esta misma línea, Høye (2019) investiga la asociación entre las generaciones a las que pertenecen los automóviles involucrados en accidentes de tráfico en Noruega y el número de conductores lesionados o muertos (*killed or seriously injured drivers*, KSI) como consecuencia de los mismos. Sus resultados concluyen que, en promedio, la cantidad de conductores lesionados o muertos disminuye en un 6.7% por cada año de generación consecutivo del vehículo (de más antiguo a más nuevo) y aumenta en un 3.7% por cada año consecutivo de antigüedad (de más nuevo a más antiguo).

La creación y desarrollo de nuevas tecnologías aplicadas a la seguridad vial han contribuido a la disminución de la severidad de los accidentes mortales (Gabler y Gabauer, 2010; Hu, Zhou, y Zhong, 2018). Por ejemplo, nuevas gamas de vehículos llevan incorporadas bolsas de aire tubulares con la finalidad de reducir las dosis de gas y disminuir la fuerza de los impactos (Hu, et al., 2018). Otros estudios han observado que las bolsas de aire frontales y las bolsas en los asientos de pasajeros disminuyen el número de víctimas con lesiones y muertes, por su efecto en la prevención de lesiones graves por impacto en la cabeza o en la parte superior del cuerpo de los conductores y pasajeros (Høye, 2019; Gabler y Gabauer, 2010; NAHTSA, 2013). Asimismo, diferentes trabajos analizan como los sistemas *eCall*, el uso de la telemetría y la incorporación de novedosas medidas de seguridad en los vehículos más nuevos contribuyen a la reducción de la siniestralidad y al cálculo de tarifas más justas (Rubio de la Torre, 2016; Ferreira y Minikel,

2013; Lemaire, Park, y Wang, 2016; Ayuso, Guillen, y Nielsen, 2019; Guillen, Nielsen, Ayuso, y Pérez-Marín, 2019).

La implementación y adaptabilidad de nuevos tipos de tecnología en los vehículos y su aceptación por los conductores de mayor edad resulta de gran importancia por su efecto en la siniestralidad esperada (Eby et al., 2018). En este sentido, Simões y Pereira (2009) estudian el impacto de las nuevas tecnologías en los conductores mayores, concluyendo que el uso de ITS (*Intelligent Transportation Systems*) puede ayudarles a aumentar su movilidad y vida independiente, pero el efecto generacional limita su uso, por lo que se deberían realizar diseños apropiados y brindar asesoramiento para su correcto uso.

Nuestro trabajo se centra en analizar la gravedad de los accidentes de tráfico producidos en España en 2016 en términos de las lesiones producidas, buscando capturar las diferencias derivadas de la antigüedad de los vehículos involucrados en los siniestros. Asimismo, y en relación a la edad de los conductores involucrados de más de 65 años, diferenciamos entre lo que denominamos “conductores mayores-jóvenes”, aquellos con edades comprendidas entre los 65 y los 75 años, y “conductores mayores-mayores”, con edades superiores a los 75 años (Ayuso, et al., 2019).

La estructura de este artículo es la siguiente. En la sección 2 se describe la base de datos empleada y las características relacionadas con el accidente automovilístico. En la sección 3 se describe la metodología utilizada para modelizar la severidad de los accidentes de tráfico. En la sección 4 se presentan los diferentes resultados obtenidos. Los resultados se presentan en dos etapas. En primer lugar, definimos grupos homogéneos para las variables antigüedad del vehículo y edad del conductor, además de llevar a cabo un análisis estadístico descriptivo. En segundo lugar, especificamos un modelo logístico multinomial para estudiar la gravedad de los accidentes teniendo en cuenta los distintos grupos de antigüedad del vehículo definidos. Nuestra variable dependiente o variable a estudiar es, por tanto, una variable cualitativa con tres categorías, asociadas cada una de ellas a los tres niveles de severidad que definimos para los accidentes (leve, severo y grave). Por último, en la sección 5 presentamos las principales conclusiones del trabajo realizado, así como un resumen de las principales recomendaciones.

2. Datos

En este artículo se analiza el efecto del envejecimiento de los vehículos y la mayor longevidad de los conductores en la severidad de los accidentes de

tráfico. La base de datos empleada ha sido construida a partir de tres microbases proporcionadas por la Dirección General de Tráfico (DGT). Se dispone de datos sobre las características de los accidentes ocurridos en España entre el 1 de enero y el 31 de diciembre de 2016, así como de los vehículos y conductores afectados (y la severidad de sus lesiones). Todo ello en base a la información recogida por los agentes de tráfico durante los treinta primeros días tras la ocurrencia del siniestro.

La base de datos de accidentes contiene información del tipo de accidente, del tipo de vía y de las condiciones de la superficie por la que circula el vehículo en el momento del siniestro, así como de las condiciones climatológicas y de visibilidad. En la base de datos de vehículos encontramos información relacionada con el tipo y antigüedad del automóvil, número de ocupantes y características técnicas del vehículo. Por último, la base de datos de conductores contiene información sobre el género y la edad del conductor, así como si se le practicaron pruebas toxicológicas (alcohol y drogas), si cometió una infracción de tráfico y la responsabilidad en el accidente.

Uno de los objetivos de este estudio es analizar la severidad de los siniestros teniendo en cuenta las características más relevantes del accidente, del vehículo y del conductor con especial hincapié, como ya hemos comentado, en la antigüedad del vehículo y la edad del conductor. Para ello hemos clasificado la severidad del accidente de acuerdo a la gravedad de las lesiones de las víctimas involucradas. Un accidente es considerado leve si al menos una de las víctimas es *leve* y no hay víctimas graves ni fallecidos. Un accidente se considera *grave* si al menos se produce una víctima de esta consideración y ningún fallecido. Un accidente se considera *fatal* si al menos una víctima ha fallecido como consecuencia del siniestro. En el 2016 se registraron un total de 100,494 accidentes automovilísticos con al menos una víctima en España.

La DGT clasifica a las víctimas según la severidad de las lesiones corporales producidas como consecuencia del accidente. Una víctima es clasificada como *leve* si no requiere hospitalización o dicha hospitalización es inferior a 24 horas. Una víctima es considerada *grave* si requiere ser hospitalizada al menos un día; y una víctima es considerada *fatal* si fallece como consecuencia del accidente. Con dicha clasificación podemos determinar el número de víctimas por accidente según su grado de severidad y, de esta forma determinar la gravedad del siniestro.

Cuando múltiples vehículos se ven involucrados en un mismo accidente, hemos seleccionado aleatoriamente la información de uno de los vehículos involucrados con el fin de tener un único registro por accidente. De esta manera y después de la depuración de la base de datos, excluyendo información inconsistente que pudiera afectar la calidad de los resultados, contamos con 59,085 accidentes de los cuales, 51,162 (86.6%) son accidentes leves, 6,439 (10.9%) accidentes graves y 1,484 (2.5%) accidentes fatales.

La severidad del accidente será nuestra variable dependiente en el modelo de regresión múltiple. Como regresores o variables explicativas utilizaremos las descritas en la tabla 1. Entre dichas variables, además de la antigüedad del vehículo y la edad del conductor, consideramos otros factores de riesgo que pueden influir en la severidad de las lesiones, y por ende en la severidad del accidente.

Tabla 1
Descripción de las Variables

Nombre	Categoría	Descripción
<i>Variable dependiente</i>		
Gravedad del accidente	Leve	Solo víctimas leves, sin víctimas graves ni fatales
	Grave	Al menos una víctima grave pero sin fallecidos
	Fatal	Al menos una víctima fallecida
<i>Regresores</i>		
<i>Vehículo</i>		
Antigüedad del vehículo		Antigüedad del vehículo involucrado
Tipo de vehículo	Turismo	Turismos (categoría de referencia)
	Furgoneta	Furgonetas o minivans
	Motocicleta	Motocicletas y ciclomotores
	Vehículo Pesado	Autobuses, camiones y otros vehículos pesados
Número de ocupantes		Número de ocupantes en el vehículo
<i>Conductor</i>		
Edad		Edad del conductor involucrado en el accidente
Género		Sexo del conductor (categoría de referencia: mujer)

<i>Tipo de accidente</i>		
Iluminación	Visibilidad	Visibilidad buena en el momento del accidente (categoría de referencia)
	No visibilidad	Mala visibilidad en el momento del accidente
Tipo de vía	Calle	Vía convencional o calle (categoría de referencia)
	Autopista	Autopista y autovía
	Carretera	Carrera convencional
	Otro	Otro tipo de vía (camino vecinal, vía ciclista y ramal de enlace)
Tipo de accidente	Colisión frontal	Dos vehículos colisionan entre sí (categoría de referencia)
	Colisión múltiple	Múltiples vehículos colisionando
	Atropello	Peatones
	Vuelco	Vuelco o colisión con objetos
	Otros	Otro tipo de accidentes

Como veremos más adelante, el tipo de vehículo y la vía por la que se circula son dos variables de gran interés. Estudios previos han demostrado que los vehículos ligeros son más propensos a tener accidentes más graves que los vehículos pesados (Fredette, Mambu, Chouinard, y Bellavance, 2008; George, Athanasiosa, y George, 2017; Lardelli-Claret, Donate-López, Espigares-Rodríguez, Jiménez-Moleón, Luna-del-Castillo, y Bueno-Cavanillas, 2010; Schneider, Savolainen, Boxel, y Beverley, 2012) y la severidad de las víctimas aumenta cuando los accidentes ocurren en vías rápidas, autovías o autopistas (Aarts y Van Schagen, 2006; Elvik, Christensen, y Amundsen, 2004). Respecto a las variables relacionadas con el tipo de accidente y las condiciones de visibilidad en el momento del siniestro, resultados previos han demostrado un aumento en la severidad de las lesiones cuando se producen choques frontales en vez de choques laterales (Abu-Zidan, y Eid, 2015), así como cuando se conduce bajo malas condiciones de visibilidad y de superficie (Sullivan y Flannagan, 2002; Wanvik, 2009; Uddin y Huynh, 2017).

3. Metodología

Especificamos un modelo logístico multinomial para analizar la severidad de los accidentes teniendo en cuenta los factores de riesgo descritos en la tabla

1. Nuestro objetivo es cuantificar la probabilidad de que un siniestro sea leve, severo o grave en base a las variables seleccionadas. En este sentido no puede utilizarse un modelo de regresión clásico dado que trabajamos con una variable dependiente discreta, en este caso nominal, en la que los valores no son más que códigos que utilizamos para representar resultados cualitativos. Además los resultados de la modelización están acotados entre 0 y 1. La severidad del i -ésimo accidente se define, por tanto, como una variable dependiente cualitativa y_{li} con tres categorías, accidentes leves, graves y fatales ($l=0, 1, 2$). El vector de factores de riesgo x_i indica las características de cada siniestro i ($i=1, \dots, N$), en base a los regresores considerados en el análisis, siendo β_l el vector de coeficientes estimados para cada categoría de severidad. Tomando como categoría de referencia la asociada a siniestros leves, la probabilidad de que el accidente i sea grave o fatal vendrá dada por la siguiente expresión (Greene, 2018):

$$P(y_{li} = 1|x_i) = \frac{e^{\beta_l' x_i}}{1 + \sum_{l=1}^2 e^{\beta_l' x_i}}, \quad l = 1, 2; \quad (1)$$

Obteniendo la probabilidad de que el siniestro sea leve a partir de la expresión:

$$P(y_{0i} = 1|x_i) = \frac{1}{1 + \sum_{l=1}^2 e^{\beta_l' x_i}}, \quad l = 1, 2; \quad (2)$$

La estimación del vector de coeficientes β_l se realiza por máxima verosimilitud. En este tipo de modelos los coeficientes estimados no reflejan directamente, como ocurre en el modelo clásico, las elasticidades, siendo habitual estudiar, además de su significado estadístico (*p-valor*) el significado en signo de los parámetros. De este modo, un signo positivo para un determinado coeficiente se interpreta en términos de un aumento de la probabilidad correspondiente; un signo negativo, como una reducción.

4. Resultados

4.1 Antigüedad del vehículo

El objetivo principal de esta investigación es analizar el impacto de la antigüedad de los vehículos en la severidad de las lesiones en conductores mayores. Estudios recientes como el de Ayuso, et al. (2019) revelan un

aumento en la probabilidad de sufrir siniestros graves y fatales en los conductores de mayor edad, sobre todo, a partir de los 75 años, de forma que el impacto económico del accidente aumenta en los grupos de conductores más envejecidos. El interés se centra ahora en el análisis de la posible correlación entre el cada vez mayor número de conductores mayores en nuestras carreteras por el efecto de la longevidad, y la conducción de vehículos de mayor antigüedad y su impacto en accidentes de tráfico.

En la figura 1 podemos observar como la antigüedad media de los vehículos involucrados en accidentes de circulación aumenta considerablemente en los adultos mayores (>65 años) y de forma más acusada en los conductores de 75 años o más. El efecto contrario se observa para los conductores entre 16 y 35 años de edad, donde decrece la antigüedad media del vehículo accidentado conforme aumenta la edad del conductor. La edad avanzada de los conductores mayores en el primer caso, que pueden ver cercano el momento en el que dejarán de conducir² y no se plantean la renovación de sus vehículos, contrasta con la mayor probabilidad de renovación en los conductores jóvenes, probablemente conforme van adquiriendo mayor estabilidad económica.

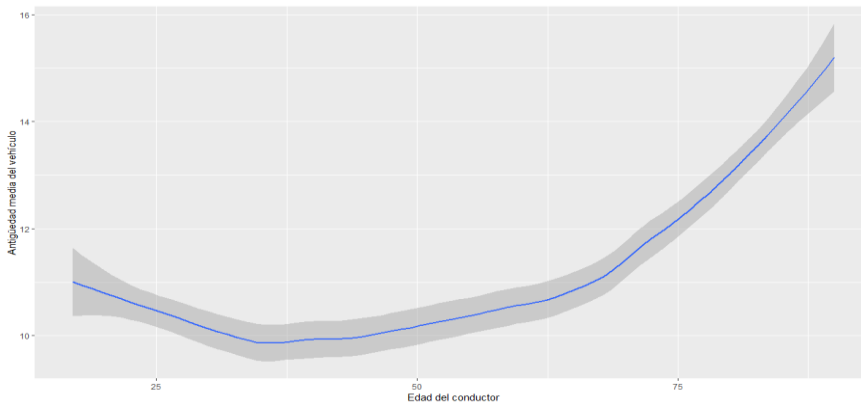


Figura 1. Edad del Conductor vs Antigüedad Media del Vehículo en el Momento del Accidente.

² Aunque no existe en España una edad límite de conducir, los conductores mayores han de pasar revisiones para la renovación de carnet de forma más frecuente. Teff (2014) obtuvo resultados interesantes cuando analizó la renovación obligatoria de las licencias de conducir en adultos mayores de 85 años, observando una reducción del 31% en accidentes fatales cuando la renovación era presencial. Implementar exámenes psicométricos y de visión con mayor frecuencia a conductores mayores puede implicar una reducción en la severidad de los accidentes.

La figura 2 refleja como la antigüedad media de los vehículos ha aumentado significativamente en España en los últimos 15 años, pasando de 7.65 años en 2002 a 12.21 años en 2017 (ANFAC, 2017), siendo este último valor el tomado como referencia a la hora de realizar el análisis, en el que segmentamos los resultados para dos grupos de riesgo, el de los conductores que sufren un accidente en vehículos de menos de 12 de antigüedad, y el de aquellos que sufren el accidente en vehículos antiguos, de 12 o más años.

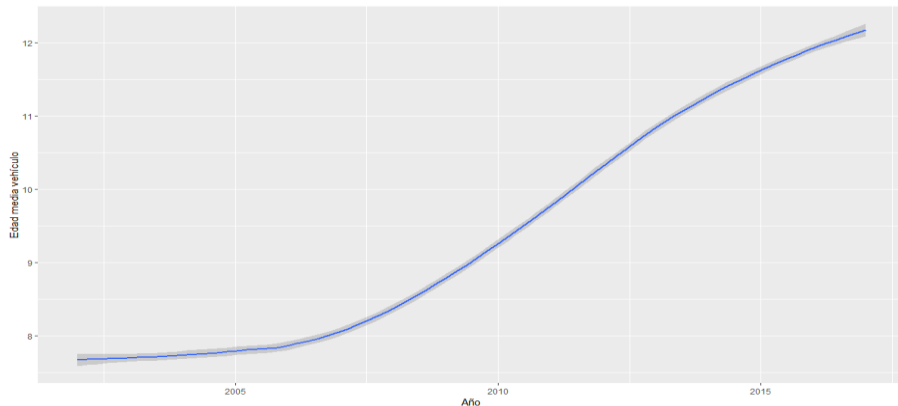


Figura 2. Antigüedad Media de los Vehículos en España. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ANFAC (2017).

4.2 Análisis estadístico descriptivo

En la tabla 2 se muestra el análisis estadístico descriptivo de la variable antigüedad del vehículo por grupos de edad, para los accidentes de tráfico utilizados en el estudio. En el 59.8% de los accidentes ocurridos el conductor tiene menos de 65 años, y conduce un vehículo de como máximo 12 años de antigüedad; en el 31.4% el conductor tiene menos de 65 años pero conduce un vehículo antiguo de más de 12 años. En el 8.8% de los accidentes el conductor es mayor de 65 años; en un 4.8% de los casos conduce un vehículo de hasta 12 años de antigüedad, mientras que en el 4% restante se trata de un vehículo antiguo, de más de 12 años. De entre los que conducen vehículos de hasta 12 años de antigüedad, un 50% conducen vehículos de más de 8 años de antigüedad (mediana) y ello tanto para los conductores

menores de 65 años como para los conductores de 65 años o más. En el caso de los vehículos más antiguos, de más de 12 años, un 50% de los conductores involucrados en un siniestro conducían vehículos de más de 16 años, en el caso de conductores de menos de 65 años, ascendiendo a 17 años de antigüedad en el caso de los conductores de más de 65 años.

Tabla 2
Análisis Estadístico Descriptivo

Antigüedad vehículo		Edad conductor			
		<65 años	>65 años	65-75 años	>75 años
<i>0-12 años</i>	Frecuencia	59.8%	4.8%	3.3%	1.5%
	Media	6.90	7.30	7.19	7.56
	Mediana	8	8	8	8
	Desv. Típica	3.78	3.62	3.63	3.57
<i>Más de 12 años</i>	Frecuencia	31.4%	4.0%	2.3%	1.7%
	Media	16.69	17.57	17.27	18.00
	Mediana	16	17	16	17
	Desv. Típica	3.40	3.99	3.85	4.13

La tabla 3 presenta las frecuencias relativas observadas para cada nivel de severidad del accidente, teniendo en cuenta los diferentes regresores incluidos en el análisis y segmentando por grupos de antigüedad del vehículo (0-12 años y más de 12 años). El porcentaje de accidentes severos y fatales es mayor cuando el conductor es hombre, y ello independientemente de la antigüedad del vehículo. Un comportamiento similar se observa cuando los conductores tienen 65 o más años, donde de nuevo se observan mayores frecuencias para los accidentes más severos, de forma más acentuada cuando los vehículos son más antiguos. Adicionalmente, cuando los conductores tienen más de 75 años el porcentaje de accidentes severos y fatales se acentúa, sobre todo el porcentaje de accidentes con víctimas fallecidas cuando el vehículo es antiguo. Furgonetas, motocicletas y vehículos pesados (autobuses, camiones,...) presentan un mayor porcentaje de accidentes graves y fatales que los vehículos turismos, sobre todo en vehículos antiguos. El porcentaje de accidentes graves y fatales aumenta cuando se producen atropellos y vuelcos frente al acaecimiento de choques frontales y accidentes múltiples, y ello independientemente de la antigüedad del vehículo. La severidad de los accidentes aumenta en vías rápidas y carretera cuando se compara con zona urbana, tanto en los vehículos más nuevos

como en los más antiguos. Un comportamiento similar se observa para los accidentes ocurridos en zonas de mala visibilidad.

Tabla 3

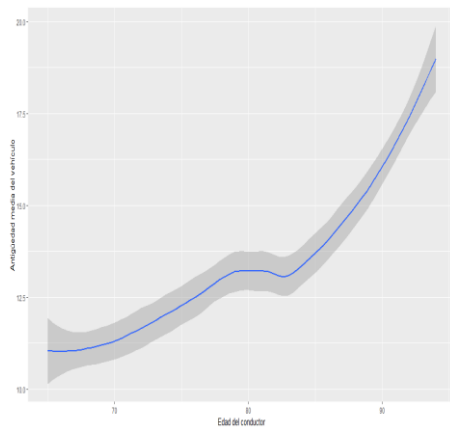
Frecuencias Relativas para cada Nivel de Severidad del Accidente, según la Antigüedad del Vehículo

Antigüedad	0-12 años			Más de 12 años		
	Leves n=33,024	Graves n=4,235	Fatales n=935	Leves n=18,138	Graves n=2,204	Fatales n=549
<i>Frecuencias relativas en %</i>						
Mujeres	91.28	7.52	1.20	91.10	7.54	1.36
Hombres	84.59	12.48	2.93	85.23	11.67	3.10
<65 años	86.61	11.00	2.39	87.25	10.29	2.46
≥65	84.64	12.19	3.17	83.43	12.58	3.98
65-75	85.32	11.63	3.05	84.84	11.97	3.19
+75	83.08	13.46	3.45	81.45	13.46	5.10
Turismos	88.99	9.03	1.99	88.29	9.35	2.37
Furgonetas	87.45	9.58	2.97	87.31	10.72	1.97
Motocicletas	81.87	15.88	2.25	79.87	17.30	2.83
Vehículos pesados	78.90	14.50	6.60	79.37	13.69	6.94
Colisión Frontal	89.01	9.16	1.83	89.96	8.29	1.75
Colisión Múltiple	95.36	3.86	0.78	95.13	3.76	1.11
Atropello	80.39	15.77	3.84	80.33	15.89	3.78
Vuelco	83.69	13.29	3.02	83.44	12.79	3.77
Otro tipo	83.41	13.22	3.36	85.06	11.66	3.28
Calle	90.06	8.99	0.94	90.77	7.99	1.23
Autopista	86.65	10.07	3.29	88.58	8.60	2.82
Carretera	79.16	15.82	5.02	80.99	14.65	4.36
Otra vía	88.22	10.15	1.63	85.07	11.78	3.15
Visibilidad	87.36	10.62	2.01	87.80	9.90	2.30
No visibilidad	79.27	14.81	5.91	80.88	14.47	4.64

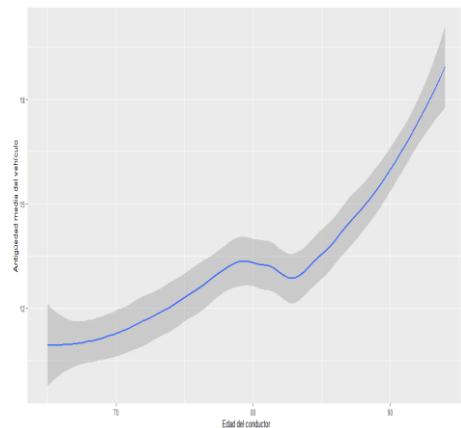
4.3 Asociación entre antigüedad del vehículo y edad del conductor (conductores mayores de 65 años)

En la figura 3 presentamos la antigüedad media de los vehículos diferenciado por nivel de severidad del accidente con respecto a la edad de conductor. Las figuras 3 (a) y (b) presentan la antigüedad media de los vehículos para el total de accidentes y para los accidentes leves, respectivamente. En las figuras 3 (c) y (d) se muestra la antigüedad media de los vehículos para los accidentes graves y aquellos en los que se ha producido al menos un fallecido.

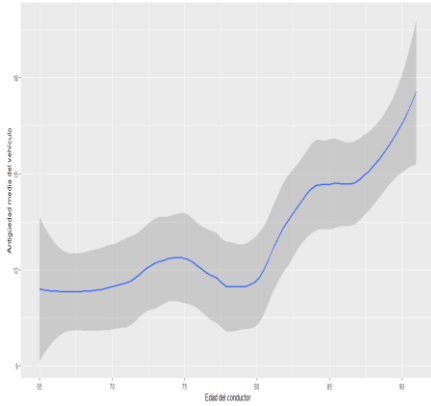
El comportamiento similar observado en las figuras 3 (a) y (b) se debe al elevado porcentaje de accidentes leves respecto al total (un 86.6% del total son accidentes leves). La antigüedad media de los vehículos aumenta conforme lo hace la edad de los conductores, sobre todo a partir de los 83 años de edad aproximadamente, aunque también de forma previa. En el caso de los accidentes severos y fatales en los que se ven involucrados conductores mayores, de nuevo son las edades avanzadas de las personas (superiores a los 80 años) las que muestran mayor correlación con vehículos más antiguos.



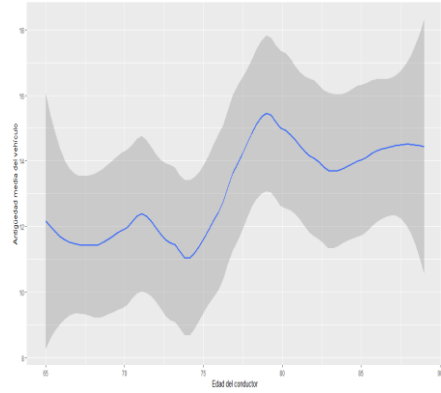
a) Total Accidentes



b) Accidentes leves



c) Accidentes graves



d) Accidentes fatales

Figura 3. Edad del Conductor vs Antigüedad Media del Vehículo. Conductores Mayores de 65 años.

4.4 Modelo multinomial

En la tabla 4 presentamos los coeficientes estimados para los modelos multinomiales especificados, teniendo en cuenta el grupo de vehículos de menos de 12 años de antigüedad y el grupo de 12 o más años. Un coeficiente positivo indica un aumento en la probabilidad de que el accidente sea grave o fatal respecto a que sea leve (categoría de referencia); un coeficiente negativo indica una reducción en dicha probabilidad. Los valores obtenidos para el estadístico Chi-Cuadrado confirman la significación global de los modelos especificados.

Tabla 4

Modelo Multinomial por Grupos de Antigüedad del Vehículo

		0-12 años		+12 años	
		Grave	Fatal	Grave	Fatal
<i>Constante</i>		-3.194***	-6.001***	-3.377***	-5.813***
<i>Género</i>	Hombre	0.377***	0.688***	0.352***	0.671***
<i>Edad del conductor</i>	65-75 años	0.057	0.218	0.108	0.240
	+75 años	0.167*	0.271	0.194**	0.661***
<i>Número de ocupantes</i>		0.027**	0.047***	0.069***	0.136***
<i>Tipo de vehículo</i>	Furgonetas	-0.037	0.252**	0.076	-0.281
	Motocicletas	0.720***	0.380***	0.889***	0.541***
	Vehículos pesados	0.470***	1.075***	0.452***	1.116***
<i>Tipo de accidente</i>	Colisión múltiple	-0.896***	-1.142***	-0.841***	-0.665*
	Atropello	0.985***	1.559***	1.112***	1.453***
	Vuelco	0.116***	0.152*	0.210***	0.475***
	Otro tipo de accidente	0.203***	0.297**	0.161**	0.331**
<i>Tipo de vía</i>	Autopista	0.470***	1.547***	0.412***	1.086***
	Carretera	0.860***	2.018***	0.911***	1.514***
	Otra vía	0.259***	0.764***	0.586***	1.112***
<i>Iluminación</i>	No visibilidad	0.246***	0.636***	0.272***	0.404***

El test Chi-Cuadrado para la significación global del modelo rechaza la hipótesis nula ($p\text{-value}<0.01$). *** $p\text{-value}<0.001$; ** $p\text{-value}<0.05$; * $p\text{-value}<0.10$.

La probabilidad de sufrir un accidente grave o fatal aumenta cuando el conductor es hombre (Kim, Ulfarsson, Kim, y Shankar, 2013; WHO, 2002), y este resultado se observa para cualquier nivel de antigüedad del vehículo. Aunque los coeficientes para la variable edad presentan un signo positivo en todos los casos, es decir, muestran un aumento en la probabilidad de sufrir accidentes más severos respecto a los conductores de menos de 65 años (categoría de referencia) el efecto solo es significativo en el caso de los conductores de edad más avanzada, a partir de los 75 años. Especialmente destacable es el aumento en la probabilidad de sufrir accidentes fatales para los conductores con más de 75 años que conducen vehículos de más de 12 años de antigüedad, efecto que no es significativo cuando el vehículo conducido presenta una antigüedad inferior a la media. Mitchell (2013) y Evans (2000) distinguen el hecho de que la tasa de siniestralidad para conductores mayores no aumenta con la edad hasta después de los 75 u 80 años.

A medida que aumenta el número de ocupantes en el vehículo aumenta la gravedad de los accidentes, especialmente en el caso de los vehículos más antiguos, donde de nuevo los coeficientes estimados toman mayor valor que los obtenidos para vehículos más nuevos. Todos ellos son estadísticamente significativos.

Motocicletas y vehículos pesados son los tipos de vehículos relacionados con los siniestros más graves, cuando los comparamos con vehículos turismos (categoría de referencia) (Lardelli-Claret, et al., 2010; Schneider, et al., 2012; Fredette, et al., 2008; George, et al., 2017). De nuevo, los coeficientes estimados toman valores más elevados cuando el vehículo presenta mayor antigüedad. La probabilidad de que el accidente sea severo o fatal es mayor cuando se produce en vías rápidas (autopistas/autovías), en carretera o en otro tipo de vías, respecto a que produzca en zona urbana (categoría de referencia) (Aarts y Van Schagen, 2006; Elvik, et al., 2004). Es fundamentalmente en el otro tipo de vías (camino vecinal, vía ciclista y ramal de enlace) donde se observa un mayor efecto de la antigüedad del vehículo en la severidad de los accidentes. Finalmente, la no visibilidad en el momento del accidente aumenta la severidad en todos los casos, con coeficientes positivos y estadísticamente significativos (Sullivan y Flannagan, 2002; Wanvik, 2009; Uddin y Huynh, 2017).

5. Conclusiones

La población española se ha envejecido en los últimos años. En el año 2007 la población mayor de 65 años representaba el 16.47% del total de población y en 2016 representa el 18.86%. Además, se ha observado un incremento en la población de conductores mayores de 65 años. En 2007 el 33.92% de los adultos mayores de 65 años conducía y en el 2016 este porcentaje asciende al 43.37%. Este patrón de crecimiento nos indica que en los próximos años tendremos una población más envejecida y conduciendo por más tiempo. Estos dos hechos pueden tener un impacto significativo en las compañías aseguradoras. Ayuso, et al. (2019) estudian el coste económico asociado a los accidentes de tráfico, observando un aumento en el coste cuando los conductores son mayores de 65 años y, por tanto, una mayor siniestralidad para las compañías aseguradoras.

Los resultados obtenidos en este artículo son de gran relevancia porque incorporan una nueva dimensión en el análisis de la gravedad de los accidentes con conductores mayores que es la antigüedad de los vehículos que conducen. En el artículo se muestra que los conductores mayores en promedio conducen vehículos más antiguos. La combinación de estos dos

factores de riesgo tiene un importante impacto en la gravedad del accidente, siendo los conductores de más de 75 años y que conducen vehículos con más de 12 años de antigüedad los que muestran un mayor riesgo de sufrir accidentes fatales

Los vehículos nuevos son más seguros. La adaptabilidad e incorporación de nuevas tecnologías en vehículos y la implementación de sistemas de asistencia vial han servido para reducir la severidad de las lesiones de las víctimas en los accidentes automovilísticos (Gabler y Gabauer, 2010; Hu, et al., 2018; Rubio de la Torre, 2016; Ferreira y Minikel, 2013; Lemaire, et al., 2016; Ayuso, et al., 2019; Guillen, et al., 2019). Rejuvenecer el parque automovilístico entre los conductores mayores se antoja especialmente necesario para reducir la siniestralidad vial. Además de mejorar la seguridad vial se estaría potenciando la movilidad y vida independiente entre el colectivo de personas de mayor edad. En este sentido se podrían plantear acciones y políticas socioeconómicas especialmente dirigidas a este segmento de población. Ahora bien, la decisión de cambiarse el vehículo entre los conductores mayores puede estar limitada por la complejidad y diseño de las tecnologías que estos vehículos incorporan. Los fabricantes y demás agentes económicos involucrados deben tenerlo en cuenta a la hora de realizar diseños adecuados para ellos.

La antigüedad de los vehículos y la edad de los conductores tradicionalmente han sido dos características de suma importancia para las compañías aseguradoras en el análisis de sus carteras, en el ramo del automóvil. Una adecuada comprensión de la evolución que están experimentando estos dos factores de riesgo, así como de su comportamiento conjunto y el impacto que suponen en la gravedad de los accidentes son fundamentales para una adecuada tarificación y cálculo de provisiones.

Referencias

- Aarts, L., y Van Schagen, I. (2006). Driving speed and the risk of road crashes: A review. *Accident Analysis and Prevention*, 38, 215–224.
- Abu-Zidan, F. M., y Eid, H. O. (2015). Factors affecting injury severity of vehicle occupants following road traffic collisions. *Injury*, 46(1), 136–141.
- ANFAC (2017). *Annual report 2017*, 43-45.

- Ayuso, M., y Holzmann, R. (2014). Longevidad: un breve análisis global y actuarial. *Documentos de trabajo Instituto BBVA de Pensiones*, 1, 1-14.
- Ayuso, M., Guillen, M., y Nielsen, J. P. (2019). Improving automobile insurance ratemaking using telematics: incorporating mileage and driver behaviour data. *Transportation*, 46(3), 735–752.
- Ayuso, M., Sánchez-Reyes, R., y Santolino, M. (2019). Does longevity impact the severity of traffic accidents? A comparative study of young-older and old-older drivers. IREA working paper, 2019/08, 1-33.
- Baldock, M. R. J., y McLean, A. J. (2005). *Older drivers: Crash involvement rates and causes*. Centre for Automotive Safety Research, CASR015, 1-39.
- Bavel, J. V., y Reher, D. S. (2013). The Baby Boom and its causes: what we know and what we need to know. *Population and Development Review*, 39(2), 257-288.
- Blows, S., Ivers, R. Q., Woodward, M., Connor, J., Ameratunga, S., y Norton, R. (2003). Vehicle year and the risk of car crash injury. *Injury Prevention*, 9, 353–356.
- Clarke, D. D., Ward, P., Bartle, C., y Truman, W. (2010). Older drivers' road traffic crashes in the UK. *Accident Analysis and Prevention*, 42, 1018-1024.
- DGT (2018). *Las principales cifras de la siniestralidad vial, España 2016*. Dirección General de Tráfico, Ministerio del Interior, Gobierno de España.
- Eby, D. W., Molnar, L. J., Zhang, L., St. Louis, R. M., Zanier, N., Kostyniuk, L. P., y Stanciu, S. C. (2016). Use, perceptions, and benefits of automotive technologies among aging drivers. *Injury Epidemiology*, 3(28), 1–20.
- Elvik, R., Christensen, P., y Amundsen, A. (2004). *Speed and road accidents: An evaluation of the Power Model*. Institute of Transport Economics TOI, TØI report 740/2004.
- Evans, L. (2000). Risks older drivers face themselves and threats they pose to other road users. *International Journal of Epidemiology*, 29, 315-322.

- Ferreira, J. y Minikel, E. (2013). Measuring per mile risk for Pay-As-You-Drive auto insurance. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2297(10), 97-103.
- Fredette, M., Mambu, L. S., Chouinard, A., y Bellavance, F. (2008). Safety Impacts Due to the Incompatibility of Suvs, Minivans, and Pickup Trucks in Two-Vehicle Collisions. *Accident Analysis and Prevention*, 40, 1987-1995.
- Gabler, H. C., y Gabauer, D. J. (2010). The effects of airbags and seatbelts on occupant injury in longitudinal barrier crashes. *Journal of Safety Research*, 41(1), 9–15.
- George, Y., Athanasiosa, T., y George, P. (2017). Investigation of road accident severity per vehicle type. *Transportation Research Procedia*, 25, 2076–2083.
- Guillen, M., Nielsen, J. P., Ayuso, M., y Pérez-Marín, A. M. (2019). The use of telematics devices to improve automobile insurance rates. *Risk Analysis*, 39(3), 662-672.
- Greene, W. H. (2018). *Econometric Analysis*, 8th. ed.. New York: Pearson.
- Høye, A. (2019). Vehicle registration year, age, and weight – Untangling the effects on crash risk. *Accident Analysis and Prevention*, 123, 1–11.
- Hu, M., Zhou, H., y Zhong, Z. (2018). Design and Occupant-Protection Performance Analysis of a New Tubular Driver Airbag. *Engineering*, 4 (2), 291-297.
- Johannsen, H., y Müller, G. (2013). Accident and Injury Risks of Elderly Car Occupants. *23rd Conference on the Enhanced Safety of Vehicles*, 13-0223, 1-10.
- Kim, J. -K., Ulfarsson, G., Kim, S., y Shankar, V. (2013). Driver-injury severity in single-vehicle crashes in California: A mixed logit analysis of heterogeneity due to age and gender. *Accident Analysis and Prevention*, 50, 1073-1081.
- Lardelli-Claret, P., Donate-López, C., Espigares-Rodríguez, E., Jiménez-Moleón, J.J., Luna-del-Castillo, J.D, y Bueno-Cavanillas, A. (2010). The

association of age, sex and helmet use with the risk of death for occupants of two-wheeled motor vehicles involved in traffic crashes in Spain. *Accident Analysis and Prevention*, 42,297–306.

Lemaire, J., Park, S. C., y Wang, K.C. (2016). The use of annual mileage as a rating variable. *ASTIN Bulletin*, 46(1), 39-69.

Mitchell, C.G.B. (2013). The licensing and safety of older drivers in Britain. *Accident Analysis and Prevention*, 50, 732–741.

National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) (2013). *How vehicle age and model year relate to driver injury severity in fatal crashes*. NHTSA's National Center for Statistics and Analysis, DOT HS 811 825.

Rich, J., Prato, C-G., Hels, T., Lyckegaard, A., y Kristensen, N.B. (2013). Analyzing the relationship between car generation and severity of motor-vehicle crashes in Denmark. *Accident Analysis and Prevention*, 54, 81–89.

Rubio de la Torre, D. (2016). Telematics y el seguro del automóvil: una nueva póliza basada en los servicios. *Cuadernos de Dirección Aseguradora*, 22, Máster en Dirección de Entidades Aseguradoras y Financieras, Universidad de Barcelona.

Schneider, W.H., Savolainen, P.T., Boxel, D.V., y Beverley, R. (2012). Examination of factors determining fault in two-vehicle motorcycle crashes. *Accident Analysis and Prevention*, 45(1), 669–676.

Simões, A., y Pereira, M. (2009). Older drivers and new in-vehicle technologies: adaptation and long-term effects. *Human Centered Design*, LNCS 5619, 552–561.

Sullivan, J. M., y Flannagan, M. J. (2002). The role of ambient light level in fatal crashes: Inferences from daylight saving time transitions. *Accident Analysis and Prevention*, 34, 487–498.

Tefft, B. C. (2014). Driver license renewal policies and fatal crash involvement rates of older drivers, United States, 1986-2011. *Injury Epidemiology*, 10(1), 1 -11.

- Uddin, M., y Huynh, N. (2017). Truck-involved crashes injury severity analysis for different lighting conditions on rural and urban roadways. *Accident Analysis and Prevention*, 108, 44–55.
- Wanvik, P.O. (2009). Effects of road lighting: an analysis based on Dutch accident statistics 1987–2006. *Accident Analysis and Prevention*, 41, 123–128.
- World Health Organization (WHO) (2002). *Gender and road traffic injuries*. Department of Gender, Women and Health.