

**NUEVAS PERSPECTIVAS PARA EL TRANSPORTE DE MERCANCÍAS
EN LA UNIÓN EUROPEA: ¿LOS MEGA CAMIONES COMO PROBLEMA O
SOLUCIÓN?**

Autores:

JOSÉ I. CASTILLO-MANZANO (jignacio@us.es).

Applied Economics & Management Research Group.

Departamento Análisis Económico y Economía Política. Universidad de Sevilla.

Avda. Ramón y Cajal, nº 1, 41018, Sevilla.

MERCEDES CASTRO-NUÑO (mercas@us.es).

Applied Economics & Management Research Group.

Departamento Análisis Económico y Economía Política. Universidad de Sevilla.

Avda. Ramón y Cajal, nº 1, 41018, Sevilla.

XAVIER FAGEDA (xfageda@ub.edu).

Departamento de Política Económica. Universitat de Barcelona.

Av. Diagonal nº, 690, 08034, Barcelona.

Agradecimientos:

Los autores desean expresar su gratitud a la Dirección General de Tráfico (DGT) por los recursos humanos y económicos puestos a disposición para llevar a cabo este estudio (proyecto de investigación financiado mediante la subvención con referencia: 2414/0085).

RESUMEN:

En este trabajo analizamos empíricamente el impacto de las tasas de motorización de los vehículos de transporte de mercancías en las carreteras europeas, desde la perspectiva de la seguridad vial. En concreto, consideramos la relación entre mortalidad asociada a los accidentes de tráfico y distintas configuraciones que puede tomar la dimensión de los camiones. Para ello, aplicamos modelos econométricos a un panel de datos de los Estados Miembros de la Unión Europea para el periodo 1999-2010. Introduciendo variables de control relacionadas con los atributos propios de los países y con las políticas específicas de seguridad vial implementadas, nuestros resultados apuntan a que son los camiones de tamaño medio los que provocan una tasa per cápita más elevada de muertes en carretera; mientras que el impacto de los camiones, tanto ligeros como pesados, no parece estadísticamente significativa en términos de siniestralidad vial. Tampoco parecen encontrarse tasas de mortalidad vial más elevadas en los países europeos que ya permiten la circulación de los denominados *mega camiones*, lo cual aporta evidencia del beneficio de este tipo de vehículos, ya no sólo desde el punto de vista de la eficiencia medioambiental y económica, sino también para la seguridad del tráfico.

Palabras clave: Transporte de mercancías por carretera, capacidad de carga, mega camiones, seguridad vial, datos de panel, Unión Europea.

Códigos JEL: C23, I18, L91, R41.

1. INTRODUCCIÓN.

El tráfico rodado es actualmente el principal medio de transporte en la Unión Europea (UE), tanto para los pasajeros como para el movimiento de mercancías. En este último aspecto, además, representa una parte clave de la concepción europea del Mercado Común. De acuerdo con la Comisión Europea (EC, 2013), el tráfico de mercancías por carretera representa un 45,3% del tonelaje total de mercancías transportadas en la UE-27, y un 71,8% si se considera la distribución modal del transporte de mercancías dentro de la UE. Sin embargo, los elevados costes externos asociados a los modos motorizados de transporte (accidentes, congestión, ruido, contaminación), y generalmente atribuibles a los vehículos pesados o de grandes dimensiones, han llevado a la Comisión a desarrollar una estrategia decisiva en el sector con el objetivo de establecer cadena logística de transporte más eficaz, más seguro y con menor impacto sobre el medio ambiente.

Las políticas de la UE durante los últimos años reflejan el contexto de cambio estructural y los retos en los que el sector del transporte por carretera está involucrado en la actualidad (Teutsch, 2013). Conceptos tales como *multimodalidad* o *intermodalidad* (amparados por el Libro Blanco del Transporte de 2001), han dado paso a la noción de *comodalidad* (introducida por la revisión del Libro Blanco llevada a cabo en 2006), que tiene como finalidad principal el mejorar los distintos modos de transporte a través del uso más eficiente de las infraestructuras, permitiendo las combinaciones en cadenas multimodales para lograr un sistema de transporte sostenible; todo ello en un marco de liberalización, desregulación y competencia en el sector del transporte de mercancías (véase, por ejemplo Koliouisis et al., 2013; Tsamboulas et al., 2007).

Este objetivo de la UE se encuentra desarrollado en la Política Común de Transporte, a través de medidas como: la llamada *Directiva Euroviñeta* 2006/38 /EC (relativa a la armonización de las tasas relacionadas con los costes de utilización de las infraestructuras terrestres aplicadas a los vehículos de 3,5 toneladas o más, y que ha generado mucha crítica, véase McKinnon, 2006); el impulso otorgado al denominado Transporte marítimo de Corta Distancia (Short Sea Shipping, SSS) (Douet y Cappuccilli, 2011) que surge como alternativa para reducir la congestión que se registra en las carreteras de algunos países de la UE (ver Wang et al., 2013, por ejemplo, en el Reino Unido) y como un modo para el transporte de carga en función del tipo de corredor (Suárez-Alemán et al., 2014); y, específicamente, las Autopistas del Mar (Motorways of the Sea, MoS), orientadas a sustituir transporte por carretera de larga distancia por transporte marítimo regular entre Estados (Baindur y Viegas, 2011 y Castillo-Manzano y Asencio-Flores, 2012, entre otros, proporcionan un análisis al respecto).

Por otra parte, el sistema de transporte ferroviario de mercancías parece ofrecer una alternativa para el transporte de mercancías que también podría reducir la congestión, aumentar la eficiencia energética y generar menos contaminación. Estudios previos concluyen cómo la reducción de trayectos realizados en camión, se traduciría en un menor número de accidentes, menos congestión, costes de mantenimiento más bajos y menos emisiones de contaminantes a la atmósfera (Rowangould, 2013).

Sin embargo, estas expectativas no se han cubierto completamente y la evidencia ha mostrado las limitaciones y desventajas de las políticas de transporte llevadas a cabo hasta la fecha, de manera que, el deseado cambio modal del transporte de mercancías, está lejos de ser una realidad en general, como Golinska y Hadjul (2012) apuntan. En este sentido, MoS y SSS han alcanzado un éxito limitado a pesar de la regulación y la

promoción hecha por las instituciones europeas. El SSS todavía no ha alcanzado una cuota de mercado significativa. Autores como Gese Aperte y Baird (2013) argumentan, entre las razones explicativas de ello, el hecho de que las subvenciones dedicadas al sector del transporte marítimo han estado limitadas en comparación con los fondos dirigidos a mantener la red ferroviaria. Suárez-Alemán et al. (2014) por su parte, destacan como freno de los SSS, la existencia de aspectos que no han sido tomados en consideración, como el papel clave de la infraestructura portuaria y sus características en términos de eficiencia. Mientras que Paixao Casaca y Marlow (2002, 2005) encuentran la existencia de un mercado europeo de servicios de transporte muy fragmentado, como consecuencia de factores como: los conflictos laborales frecuentes, la falta de competitividad en distancias más cortas (generalmente cubiertas por carretera), y problemas de insuficiente coordinación o gestión del tráfico, entre otros.

En cuanto al transporte de mercancías por ferrocarril, estudios como el de Castillo-Manzano et al. (2013) ponen de manifiesto las deficiencias estructurales de la red ferroviaria que, según otros autores como Furtado (2013), Limbourg y Jourquin (2009) y Vassallo y Fagan (2007), dan lugar a una cuota de mercado para el transporte de mercancías en la UE, sustancialmente inferior a la existente, por ejemplo, en Estados Unidos. Además, muchos Estados miembros han destinado cuantiosos presupuestos para el desarrollo de redes de Trenes de Alta Velocidad (AVE) no aptas para el transporte de mercancías. Incluso algunos países han tratado de racionalizar el uso de los ferrocarriles, promoviendo el uso mixto de pasajeros y mercancías (Guirao et al., 2005), especialmente durante la noche (Campos y De Rus, 2009), generando polémicas sobre su viabilidad técnica.

A la vista de estas dificultades, la UE ha considerado otra alternativa para el transporte de mercancías por carretera: eliminar las restricciones sobre la dimensión y

capacidad de carga de los camiones que circulan entre los Estados Miembros (establecidas por la Directiva 96/53/EC), y abrir la puerta a la introducción de los denominados *mega camiones*, *gigaliners* o *eurocombis*, (con hasta 25 metros de largo y 60 toneladas de peso). Aunque este tipo de vehículos ya están circulando en algunos Estados Miembros escandinavos que tienen sistemas ferroviarios menos avanzados (en Suecia y Finlandia, incluso antes de su adhesión a la UE en 1995) y otros Estados han realizado pruebas piloto (Países Bajos, Dinamarca, Bélgica), la UE se está planteando actualmente la circulación transfronteriza de mega camiones en todo el territorio de la Unión¹.

En este contexto, entendemos que nuestro trabajo es especialmente pertinente. A través de un panel de datos para los países de la UE en el período 1999-2010, determinamos econométricamente la relación entre tasas de mortalidad vial per cápita derivada de accidentes de tráfico y distintas configuraciones de la dimensión de los vehículos para el transporte de mercancías. Si bien investigaciones previas concluyen que la mezcla de más camiones y más coches en las carreteras, lleva inevitablemente a una elevación en la siniestralidad vial, (por ejemplo Castillo-Manzano et al., 2015; Milton et al., 2008), la originalidad de nuestro trabajo radica en precisar esos resultados considerando la influencia que ejercen sobre la seguridad del tráfico, las diversas categorías de camiones (camiones ligeros, camiones medianos y camiones de gran tonelaje, mega camiones), para un amplio conjunto de países, teniendo en cuenta que la mayoría de los estudios anteriores, son simulaciones que examinan los efectos que tendría un aumento de las dimensiones permitidas de los camiones en un determinado país.

¹ Hoy en día existen diferentes normas de carácter nacional que regulan las dimensiones máximas y la longitud máxima permitida en cada Estado Miembro, dentro de esta Directiva que establece un máximo de 16,50 metros para los vehículos articulados, 18,75 metros para los llamados trenes de carretera y un peso total de 40 toneladas (vehículos pesados para el transporte de mercancías), mientras que la circulación de mega camiones no están permitida por igual dentro de las fronteras de la Unión.

Nuestro análisis se centra en responder a las siguientes preguntas de investigación: Si la evidencia muestra que, desde un enfoque económico, logístico y medioambiental, los camiones más grandes, probablemente serían más eficientes (McKinnon, 2008; Ortega et al., 2014), ¿cuál sería el impacto en la seguridad vial? ¿Hay un camión de tamaño óptimo en términos de seguridad vial? En resumen, nuestros hallazgos podrían arrojar luz sobre los debates abiertos en la actualidad, como la propuesta de la UE de aumentar la longitud máxima y peso de los camiones, y la desregulación del transporte por carretera (Lafontaine y Valeri, 2009).

2. ANÁLISIS EMPÍRICO.

Para tratar nuestro panel de datos, hemos estimado un modelo que tiene la siguiente forma para el país i durante el periodo t :

$$Y_{it} = \alpha + \beta_k X_{it} + \gamma_k Z_{it} + \lambda_k W_{it} + \mu_i + \nu \text{Year}_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

, donde Y_{it} es el log de la tasa de mortalidad por accidente de tráfico per cápita (en los 30 días siguientes al accidente, de acuerdo con la Convención de Viena), X_{it} contiene el vector de atributos económicos y demográficos de cada país; Z_{it} se refiere a variables relacionadas con los camiones; y W_{it} son variables relativas a políticas de seguridad vial implementadas. μ_i son los efectos fijos de país que controlan variables omitidas invariantes en el tiempo específicas de cada país; Year es una variable temporal anual que controla la tendencia común en todos los países y ε_{it} es error aleatorio de media cero.

Hemos utilizado los datos de la UE-28, desde 1999 hasta 2010, siendo la unidad de observación el par países-años. Sin embargo, los datos relacionados con el número de

camiones no están disponibles para algunos países (Bélgica, Bulgaria, Grecia, Portugal, Reino Unido), y los datos de otros países como Dinamarca, Irlanda o Malta sólo están disponibles para algunos años. Por lo tanto, la muestra final ascendió a un total de 183 observaciones.

Las Tablas 1 y 2 describen las variables, fuentes de información y estadísticas descriptivas de todas las variables utilizadas en el análisis.

TABLA 1. Variables usadas en el análisis empírico

Variab les	Descripción	Fuente
Fatalities per capita	Número de muertes en accidente de tráfico por millón de habitantes	CARE (EU road accidents database)
Motorization per capita	Número de automóviles registrados en miles de habitantes	UNECE, EUROSTAT
Per capita GDP	Producto Interior Bruto per cápita en precios internacionales comparables (US\$ a precios de 2005 y PPP)	EUROSTAT
Motorway density	Kilómetros de autopistas y autovías por km ² del país	UNECE, EUROSTAT
Old	% población mayor de 60 años	EUROSTAT
Young	% población entre 20-39 años	EUROSTAT
Trucks_small	Número de camiones pequeños (Camiones + Semi-trailers con capacidad de carga < 5000 kg) por millón de habitantes	EUROSTAT
Trucks_medium	Número de camiones medianos (Camiones + Semi-trailers con capacidad de carga entre 5000 kg- 14999 kg) por millón de habitantes	EUROSTAT
Trucks_large	Número de camiones grandes (Camiones + Semi-trailers con capacidad de carga ≥ 15000 kg) por millón de habitantes	EUROSTAT
Year ^{megatrucks}	Número de años durante los cuales se ha permitido en el país la circulación de mega camiones	Elaboración propia a partir de DIRECTORATE GENERAL FOR INTERNAL POLICIES: A REVIEW OF MEGATRUCKS Major issues and case studies (2013)
BAC_05	Variable dummy que toma un valor de 1 donde la tasa máxima BAC para conductors profesionales es inferior a 0,5 g/l	European Commission Road Safety Website
Point_system	Variable dummy que toma el valor 1 si el país tiene en vigor un permiso de conducir por puntos	European Transport Safety Council (ETSC)
Speed limits	Límites de velocidad máximos permitidos para coches y vehículos pesados (por encima de 3,5 toneladas) en km/h	European Commission Road Safety Website

TABLA 2. Estadísticas descriptivas de las variables utilizadas

Variables	Media	Desviación típica	Valor mínimo	Valor máximo
Fatalities per capita	4.59			
Motorization	424.74	111.99	134	686
Per capita GDP	24960.43	11653.04	6737	74128
Motorway density	1.69	1.73	0	6.35
Old	20.67	2.52	15.1	26.3
Young	28.75	1.92	24.3	33.2
Trucks_small	51202.65	32235.42	15280	159826
Trucks_medium	5523.83	2588.168	1297	17100
Trucks_large	4094.15	2589.35	31	11395
Year ^{megatrucks}	1.002	3.24	0	17
BAC_05	0.70	0.45	0	1
Point_system	0.57	0.50	0	1
speed	87.66	8.96	80	112

Como variables explicativas, incluimos el Producto Interior Bruto per cápita (Gross Domestic Product, GDP) como indicador del desarrollo económico del país (siguiendo a Castillo-Manzano et al., 2014, 2015; García-Ferrer et al., 2007; Grimm y Treibich, 2012; Orsi et al., 2012; Yannis et al., 2014). La relación entre desarrollo económico y mortalidad vial por accidentes de tráfico de un país es compleja, y podemos esperar que, en general, tome una forma no lineal (Anbarci et al., 2006; Bishai et al., 2006; Kopits y Cropper, 2005; Loeb y Clarke, 2007). De hecho, las tasas de mortalidad pueden aumentar con el desarrollo económico en los países en vías de desarrollo, debido a la mayor exposición al riesgo. Sin embargo, la relación entre el desarrollo económico y las tasas de mortalidad de tráfico puede llegar a ser plana o incluso invertirse después de alcanzar un cierto umbral de riqueza. En este trabajo, testamos la hipótesis relativa a la no linealidad entre GDP y tasa de mortalidad vial, al incluir el GDP y el cuadrado del GDP como variables explicativas. Si se confirma la relación no lineal, el coeficiente asociado a la variable GDP será positivo y el coeficiente asociado al cuadrado de la variable GDP será negativo.

También consideramos como variable independiente el número de turismos por habitante (tasa de motorización per cápita de automóviles). Esta variable se relaciona con el desarrollo de transporte privado. No está claro cuál es la relación que podemos esperar con respecto a la mortalidad vial. Por un lado, los niveles más altos de motorización pueden implicar una mayor exposición a los accidentes de tráfico. Por otra parte, los países más desarrollados pueden disfrutar de mejores infraestructuras y vehículos más avanzados, así como de políticas de seguridad vial y actitudes sociales más beneficiosas hacia la seguridad vial (Kopits y Cropper, 2005). En este sentido, Albalate (2008) y Albalate y Bel (2011), por ejemplo, encontraron una relación negativa entre las muertes por accidentes de tráfico y el nivel de motorización de automóviles.

También tomamos en cuenta la influencia de la calidad de las infraestructuras de transporte, mediante la inclusión de una variable que se refiere a la densidad de autopistas en el país por kilómetro cuadrado. El signo esperado del coeficiente asociado a esta variable es negativo. De hecho, podemos esperar una relación negativa entre la calidad de las infraestructuras de transporte y las tasas de mortalidad vial, de acuerdo con los resultados de Albalate y Bel (2012), Jamroz (2012) y Noland (2003).

Por otra parte, también consideramos dos variables de control relacionadas con el porcentaje de la población vulnerable del país. En primer lugar, incluimos una variable para el porcentaje de población mayor de 60 años de edad. En segundo lugar, tomamos una variable para el porcentaje de población de 20 a 39 años de edad. Si bien podemos esperar que la exposición al riesgo es mayor para una población más joven (puesto que más jóvenes suelen tomar más riesgos, Langford et al., 2006), el impacto de los accidentes puede ser mayor para los usuarios de carretera de mayor edad, por lo que la morbilidad y la mortalidad son más altas para los mayores (Braver y Trempel., 2004;

Yee et al, 2006). Por lo tanto, esperamos un signo positivo en el coeficiente asociado a ambas variables explicativas; pero su significación estadística no es clara.

Adicionalmente, consideramos otro grupo de variables independientes para englobar ciertas políticas de seguridad vial. Tras revisar estudios anteriores sobre seguridad vial (Albalade, 2008; Castillo-Manzano y Castro-Nuño, 2012; Castillo-Manzano et al., 2014, 2015; Deshapriya y Iwase, 1996; Eisenberg, 2003; McCarthy, 2005), comprobamos la relevancia de determinadas políticas preventivas sobre la mortalidad vial. Así por ejemplo, tenemos en cuenta los límites legales de alcohol en sangre (Blood Alcohol Content, BAC), que incluimos mediante una variable dummy que toma el valor de uno de los países y períodos en los que la BAC máxima permitida para los conductores profesionales es inferior a 0,5 g/l. La mayoría de los países de la UE-28 han fijado el límite en 0,5 g/l o menos, por lo que mediante esta formulación de la variable, pretendemos comprobar si las BAC inferiores a 0,5 dirigidas a conductores profesionales son eficaces en la reducción de muertes en la carretera.

En este grupo de variables de políticas de seguridad vial, también incluimos una variable que captura la vigencia de un permiso de conducción basado en puntos (penalización mediante suma o detracción de puntos en función de las infracciones cometidas por el conductor), a través de una variable ficticia que toma el valor 1 en caso de que el país en cuestión aplique este sistema de carnet de conducir. En este caso, esperamos encontrar un signo negativo del coeficiente asociado a esta variable, ya que la evidencia muestra que la introducción y aplicación de cualquier permiso de conducir basado en puntos suele llevar a tasas de mortalidad vial inferiores, aunque el efecto a largo plazo de esta política ha sido cuestionado a nivel mundial (ver Castillo-Manzano y Castro-Nuño, 2012, para un meta-análisis internacional de la efectos de esta estrategia).

También tenemos en cuenta otra variable ficticia o dummy para incluir la influencia de los límites de velocidad máximos permitidos en autovía y autopista vigentes en cada país. De acuerdo con estudios anteriores (Afukaar, 2003; Elvik, 2012), podemos esperar un signo positivo en el coeficiente asociado a esta variable, de manera que, un límite de velocidad máximo más elevado, lleva a un peores consecuencias en términos de mortalidad vial.

Hay que recordar que las variables fundamentales en nuestro análisis son las relacionadas con el tamaño y dimensiones de los camiones. En este sentido, se incluyen tres variables, medidas en términos de número de camiones per cápita, considerando las siguientes tres categorías en cada caso: 1) camiones con capacidad de carga inferior a 5.000 kg, 2) camiones con capacidad de carga entre 5.000 kg y 14.999 kg, y 3) camiones con capacidad de carga superior a 15.000 kg. Además, introducimos una variable adicional que representa el número de años en los que se ha permitido la circulación de mega camiones en un país determinado (o incluso se han realizado pruebas piloto de su introducción).

En general, a partir de la literatura precedente, podemos esperar un impacto negativo sobre las tasas de mortalidad vial, como consecuencia de tasas de motorización más altas en el caso de camiones que para los automóviles (Castillo-Manzano et al., 2015; Milton et al., 2008) ².

Sin embargo, la relación entre las tasas de mortalidad derivadas de accidentes de tráfico y las diferentes configuraciones de dimensión de los camiones no parece clara. El riesgo de accidentes puede ser mayor para los camiones más pesados, pero un camión pesado puede reemplazar a cierto número de camiones ligeros y medianos, por

² Castillo-Manzano et al. (2015) examinan el diferente impacto que, sobre la mortalidad vial, tienen las tasas de motorización de camiones y automóviles respectivamente, si bien, en ese trabajo no se realiza distinción alguna entre las distintas categorías de camiones en función de sus dimensiones, que es precisamente la cuestión clave en el presente análisis.

lo que en términos netos, una mayor circulación de camiones de mayor tamaño no necesariamente tiene por qué llevar a más víctimas mortales de tráfico.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

La Tabla 3 muestra la matriz de correlaciones entre las variables usadas en el análisis empírico. Como se observa, algunas variables muestran una elevada correlación; particularmente, las relativas al GDP per cápita y la tasa de motorización. Esta circunstancia puede establecer un problema de multicolinealidad, que, podría distorsionar las estimaciones obtenidas, e, incluso, en los casos más severos, producir estimaciones de los parámetros de magnitud inusualmente elevada.

TABLA 3. Matriz de correlaciones entre las variables utilizadas

Variables	Fat	Motor.	GDP	Density	Old	Young	Trucks_s	Trucks_m	Trucks_l	Year ^{negs}	BAC	Point	Speed
Fatalities per capita	1												
Motorization	-0.38	1											
Per capita GDP	-0.44	0.77	1										
Motorway density	-0.36	0.56	0.69	1									
Old	-0.36	0.25	-0.01	-0.15	1								
Young	0.46	-0.17	-0.18	0.03	-0.51	1							
Trucks_small	-0.16	0.24	0.15	0.20	-0.35	0.11	1						
Trucks_medium	0.41	-0.06	-0.16	-0.37	-0.15	0.11	-0.17	1					
Trucks_large	-0.23	0.38	0.58	0.36	-0.12	-0.18	0.01	0.14	1				
Year ^{negatrucks}	-0.58	0.08	0.20	-0.13	0.25	-0.64	0.02	0.18	0.26	1			
BAC_05	0.08	0.16	-0.01	-0.22	0.07	0.17	-0.06	0.22	-0.21	0.04	1		
Point_system	0.02	0.27	0.06	0.32	0.05	0.15	0.15	-0.20	0.20	-0.41	-0.07	1	
Speed	0.04	0.26	0.14	-0.01	0.24	0.05	-0.15	0.18	-0.04	-0.06	0.14	-0.02	1

El factor de inflación o incremento de la varianza (Variance Inflation Factor, VIF) es una medida ampliamente utilizada para determinar el grado de multicolinealidad entre variables explicativas. Según la literatura econométrica, cuando se obtiene un valor de VIF cercano a 10 para algún coeficiente, puede considerarse como un signo de severa

multicolinealidad; si bien, en la práctica, los investigadores suelen usar valores más bajos como umbral o límite, situados en torno al valor de 5.

La Tabla 4 muestra los VIF para todas las variables consideradas en nuestro análisis. Como puede comprobarse en ella, el VIF computado está por debajo de 5 en el caso de todas las variables, a excepción del GDP per cápita y la tasa de motorización. Por consiguiente, y a modo de test de robustez de nuestras estimaciones, también incluimos los resultados de una regresión que excluye la variable de motorización, que, como comentamos, presenta una elevada correlación con el GDP per cápita.

Alternativamente, podríamos excluir el GDP per cápita del modelo, pero la literatura previa en materia de seguridad vial, asigna un papel decisivo a esta variable. Y, en definitiva, los resultados no se ven alterados por la exclusión de la variable motorización. En el contexto de nuestra investigación, es importante destacar que las variables asociadas a las tasas de motorización de camiones no parecen verse afectadas por un problema de multicolinealidad.

TABLA 4. Factores de inflación de varianza (VIF) de las variables utilizadas

Variables	VIF
Motorization	5.57
Per capita GDP	6.28
Motorway density	3.44
Old	3.78
Young	2.80
Trucks_small	2.07
Trucks_medium	1.93
Trucks_large	1.78
Year ^{megatrucks}	3.15
BAC_05	1.78
Point_system	2.69
Speed	1.31

Las estimaciones pueden presentar problemas de heterocedasticidad y autocorrelación temporal en el término de error. De hecho, el test de Wooldridge para detectar autocorrelación en el panel de datos, muestra que puede existir un problema de

sería autocorrelación que necesitaría ser detallado. Adicionalmente, el test de Breusch-Pagan/Cook-Weisberg indica que tenemos un problema de heterocedasticidad. También hemos aplicado el test de raíz unitaria a nuestro panel, tal como desarrollan Levin et al. (2002), y que puede ser relacionado con un test de Dickey-Fuller (ADF) en el que se consideran retardos. Este test indica que nuestra variable dependiente no presenta un problema de estacionalidad. Los resultados de todos estos contrastes se recogen en la Tabla 5.

TABLA 5. Estimaciones (OLS con efectos fijos de país)

Variables independientes	Variable dependiente: número de muertes en accidente de tráfico per cápita	
	Todas las variables (1)	Excluyendo “motorization” (2)
Motorization	0.004 (0.0007)	-
Per capita GDP	0.00008*** (0.000014)	0.00009*** (0.000013)
Per capita GDP ²	-5.86e-10*** (9.56e-11)	-6.05e-10*** (1.01e-10)
Motorway density	0.008 (0.08)	0.0031 (0.08)
Old	-0.009 (0.04)	-0.008 (0.04)
Young	-0.021 (0.02)	-0.015 (0.017)
Trucks_small	-1.08e-06 (1.91e-06)	-1.19e-06 (2.01e-06)
Trucks_medium	0.000027*** (7.57e-06)	0.000027*** (7.34e-06)
Trucks_large	-0.000019 (0.000017)	-0.000016 (0.000016)
Year ^{megatrucks}	0.015 (0.009)	0.014 (0.01)
BAC_05	-1.17*** (0.39)	-1.10*** (0.33)
Point_system	0.04 (0.06)	0.04 (0.06)
Speed	0.04*** (0.01)	0.04*** (0.009)
Time_trend	-0.09*** (0.017)	-0.09*** (0.017)
Intercept	1.94* (1.16)	2.16* (1.13)

R ²	0.95	0.95
Test joint sign (Wald χ^2)	80.37***	81.69***
Breusch-Pagan/Cook-Weisberg test para heterocedasticidad (Ho: Varianza constante)	10.18***	9.11***
ADF test –no estacionalidad (Ho: no estacionalidad)	-0.33**	-0.33**
Wooldridge test – autocorrelación (Ho: autocorrelación de primer orden)	5.58***	5.56***
Nº de observaciones	183	183

Nota 1: Errores estándar entre parenthesis. Robustos a heterocedasticidad y agrupados por país.

Nota 2: Significatividad estadística al 1% (***), 5% (**), 10% (*), respectivamente.

Los resultados recogidos en la Tabla 5 anterior, se derivan de la aplicación del método de mínimos cuadrados ordinarios (OLS, ordinary least squares) incluyendo los efectos fijos de país. Los errores estándar son robustos a heterocedasticidad y se agruparon por país para abordar el problema de autocorrelación.

Como puede observarse, la Tabla 5 contiene los resultados de las estimaciones de los factores determinantes de las muertes como consecuencia de accidentes de tráfico. El poder explicativo global del modelo es muy alto, a pesar de que algunas variables explicativas no son estadísticamente significativas. En este sentido, los efectos fijos de país pueden capturar el efecto de varias variables explicativas con poca variabilidad en el tiempo.

Así, encontramos evidencia de una relación no lineal entre las tasas de mortalidad vial per cápita y el desarrollo económico de los países, corroborando los resultados previos de autores como Anbarci et al. (2006), Bishai et al. (2006), Kopits y Cropper (2005) y Loeb & Clarke (2007). De hecho, el coeficiente asociado a la variable GDP per

cápita es positivo y estadísticamente significativo, mientras que el cuadrado de la misma variable es negativo y también estadísticamente significativo.

La variable relacionada con la tasa de motorización de automóviles, definida como el número de turismos per cápita, no es estadísticamente significativa. Para explicarlo, hay que tener en cuenta el impacto de esta variable sobre las muertes por accidente de tráfico, puede tener dos signos contradictorios: 1) una mayor exposición a los accidentes, y 2) mejores infraestructura y vehículos, y la aplicación de políticas de seguridad vial más avanzadas en un contexto de mejores actitudes sociales hacia este problema de salud pública. Además, el efecto de la tasa de motorización de automóviles, puede ser ya capturado por las variables del GDP per cápita.

La variable de la densidad de las autopistas no es significativa según nuestros resultados. La variabilidad de esta variable con el tiempo es baja, de modo que su efecto puede ser ya capturado por los efectos fijos de país. Del mismo modo, las variables relativas al porcentaje de población vulnerable (Old y Young) no son estadísticamente significativas. De acuerdo con estudios anteriores, el signo de los coeficientes asociados a estas variables no está claro (por ejemplo McGwin y Brown, 1999; Yee et al., 2006); ya que, si bien la exposición al riesgo de sufrir un accidente de tráfico es mayor para una población más joven, el impacto de los accidentes es mayor para una población de más edad, como consecuencia de que se trata de individuos relativamente más débiles físicamente.

Por otra parte, encontramos que los límites de velocidad específicos aplicados a vehículos pesados y que las tasas de alcoholemia máximas permitidas por la ley a los conductores profesionales, parecen eficaces en la reducción de muertes en carretera (en línea con investigaciones previas como las desarrolladas por Saifizul et al., 2011 y

Živković et al., 2013), mientras que el permiso de conducir por puntos no parece tan efectivo (de acuerdo con los análisis de Castillo-Manzano y Castro-Nuño, 2012).

Con respecto a nuestras principales variables explicativas relacionadas con el tamaño de los camiones, nuestros hallazgos apuntan a que un número más elevado de camiones de tamaño medio en circulación (es decir, con capacidad de carga entre 5.000 y 14.999 kgs), aumentaría la mortalidad en carretera por accidente de tráfico; mientras que el efecto de las variables que capturan el impacto de un mayor número de camiones ligeros (con capacidad de carga menor que 5.000 kg) y camiones pesados (con capacidad de carga superior a 5.000 kg), respectivamente, no parece estadísticamente significativa en ninguno de los dos casos.

En consecuencia, podemos afirmar que, un aumento de la capacidad de carga de los camiones no aumenta necesariamente las muertes por accidente de tráfico. Las consecuencias negativas asociadas al riesgo más elevado de accidentes de tráfico por una mayor presencia de camiones en las carreteras en general, parecen concentrarse concretamente en el caso de los camiones de mediano tamaño. De hecho, los camiones más pequeños parecen tener un riesgo de mortalidad vial parecido al de los coches, lo cual es lógico teniendo en cuenta que la mayoría de los camiones ligeros son simplemente sustitutos de automóviles, de acuerdo con las conclusiones de Abdel-Aty y Abdelwahab (2004) y Gabler y Hollowell (2000).

Asimismo, de acuerdo con lo expuesto, una mayor presencia de camiones pesados en circulación, no hace aumentar necesariamente las tasas de mortalidad de tráfico. Este resultado se ve reforzado, además, por las estimaciones obtenidas para la variable que representa el tráfico de mega camiones; puesto que encontramos que su coeficiente no es estadísticamente significativo. Este hallazgo, de acuerdo con las evidencias anteriores de trabajos como el realizado por Christidis y Leduc (2009) para la Comisión Europea,

podría estar reflejando un cierto efecto de moderación ejercido por estos mega camiones sobre el flujo de tráfico, como consecuencia de la disminución de la velocidad a la que obligarían al resto de vehículos que se desplazan a la vez por la vía (en línea con lo apuntado por Anastasopoulos et al., 2012; Milton et al., 2008 y Qin et al., 2013). Ciertamente es que los mega camiones pueden estar asociados a un mayor riesgo de accidente de tráfico, pero al mismo tiempo, su introducción conllevaría la reducción del número total de camiones en circulación en la carretera. Por lo tanto, el efecto neto de estos vehículos en términos de mortalidad vial, puede que no sea perjudicial en global (ITF, 2010; Ortega et al., 2014; Steer et al., 2013).

En resumen, estudios previos demuestran que un mayor número de camiones per cápita (sin importar su tamaño) conduce a mayores tasas de muerte por accidente de tráfico por habitante, y que mezclar tasas de motorización más altas de automóviles y camiones también contribuye a incrementar la siniestralidad vial (ver por ejemplo, Castillo-Manzano et al., 2015; Milton et al., 2008 o Ramírez et al., 2009). Sin embargo, los resultados de nuestro análisis sugieren que puede ser óptimo desde el punto de vista de la seguridad vial, implementar medidas destinadas a reducir el número de camiones de tamaño mediano (que son los que provocan mayor mortalidad vial); así como promover el cambio gradual hacia el uso intensivo de camiones de mayores dimensiones, puesto que, a la vista de nuestras estimaciones, esto no tiene por qué afectar significativamente a las tasas de mortalidad por accidente de tráfico.

4. CONCLUSIONES.

En la actualidad, se están viviendo tiempos de cambio estructural en el sector del transporte de mercancías en la Unión Europea, como consecuencia del énfasis que pone la Comisión en internalizar los costes externos derivados del excesivo tráfico

motorizado en las carreteras; al mismo tiempo que la propia demanda, pone de manifiesto la necesidad de buscar otros medios de transporte alternativo. Como resultado, surge con fuerza un intenso debate acerca de las posibilidades de sustitución de parte del transporte rodado de mercancías, por otros medios más sostenibles medioambientalmente, como pueden ser el ferrocarril y el transporte marítimo de corta distancia (conocido como “Short Sea Shipping”).

Sin embargo, a pesar del gran potencial que inicialmente parecían presentar ambos modos para integrarse en las cadenas logísticas, y reducir drásticamente con ello los efectos negativos del transporte por carretera sobre el medioambiente y el consumo de energía, serias deficiencias estructurales han provocado que, a día de hoy, aún queden muchas expectativas no cubiertas en el sector. En este contexto, y como alternativa, aparece recientemente una propuesta de la Comisión Europea para ampliar la capacidad de carga permitida en los camiones que circulan por el territorio de la Unión, articulada mediante los denominados “mega camiones”.

El debate abierto en torno a esta autorización ha generado un clima de controversia y conflicto, no sólo por la oposición manifestada por grupos de presión asociados a otros medios de transporte como el ferrocarril, e incluso los pequeños transportistas (a los que se suman otros efectos derivados del contexto de liberalización del sector, de acuerdo con el fenómeno que se está viviendo a nivel internacional); puesto que ambos interpretan que esta medida desplazaría una parte importante de la cuota de mercado. Por otra parte, si bien podría parecer que la medida es eficiente en términos energéticos, medioambientales y económicos, desde el punto de vista de la seguridad vial no parecen estar muy claros cuáles serían los impactos de permitir la circulación de estos vehículos por el territorio de la Unión Europea. Puesto que nuestro trabajo profundiza en esta

cuestión, pensamos que la evaluación econométrica que desarrollamos en esta investigación, puede ser particularmente oportuna.

En concreto, el análisis que presentamos en estas páginas, explora la influencia de diferentes configuraciones de tamaño de los vehículos para el transporte de mercancías por carretera sobre la mortalidad vial per cápita por accidente de tráfico, utilizando un panel de datos correspondiente a los 28 Estados Miembros de la Unión Europea. Por otra parte, nuestros resultados permiten aportar luz al impacto de la introducción de los mega camiones en términos de seguridad vial, teniendo en cuenta que estos vehículos ya circulan en los países considerados más seguros de la Unión, y líderes mundiales en prevención de accidentes de tráfico, como Suecia y Finlandia.

Investigaciones anteriores apuntan a que cuando el tráfico de camiones en circulación aumenta, la proporción de muertes en carretera también lo hace. Sin embargo, nuestros resultados precisan esta idea, al determinar que la contribución de estos vehículos a la siniestralidad vial, depende ciertamente del tamaño o dimensión de los mismos. En concreto, encontramos que los accidentes mortales son más probables cuando se consideran camiones de tamaño medio (que son los que se usan normalmente para el transporte de mercancías en media-larga distancia); mientras que los resultados de muertes en carretera, no son estadísticamente significativos tanto para el caso de los camiones de dimensión pequeña como para los que presentan un tamaño más grande.

Como consecuencia, podemos concluir la existencia de un efecto neto positivo. En el sentido de que, aunque el riesgo de accidente de tráfico probablemente sea mayor cuando aumenta la presencia de vehículos de mayor dimensión, la introducción de vehículos de mayor tonelaje para el transporte de mercancías, supone reemplazar a un número elevado de vehículos más pequeños. Por todo lo cual, en síntesis, los camiones más grandes llevan a un número más bajo de muertes per cápita en carretera en términos

globales. Los camiones pesados y de grandes dimensiones reducen los kilómetros que es necesario recorrer para transportar cierta carga de mercancía, sustituyendo a un elevado número de camiones pequeños, lo que logra mejorar la seguridad vial en términos relativos, es decir, por unidad de mercancía movida.

En resumen, la introducción de mega camiones podría ser beneficiosa para la seguridad vial de la Unión Europea en términos globales. Permitiendo su circulación en todo el territorio de la Unión, no sólo se podría incrementar la eficiencia del sistema de transporte europeo desde el punto de vista económico y medioambiental, como así lo apuntan las investigaciones realizadas, sino que, a la vista de nuestros resultados, también se lograrían beneficios desde el punto de vista de la seguridad en el tráfico.

BIBLIOGRAFÍA

- Abdel-Aty, M., Abdelwahab, H. (2004). Analysis and prediction of traffic fatalities resulting from angle collisions including the effect of vehicles' configuration and compatibility. *Accident Analysis and Prevention*, 36, 457-469.
- Anastasopoulos, P. C., Mannering, F. L., Shankar, V. N., Haddock, J. E. (2012). A study of factors affecting highway accident rates using the random-parameters tobit model. *Accident Analysis and Prevention*, 45, 628-633.
- Aperte, X. G., Baird, A. J. (2013). Motorways of the sea policy in Europe. *Maritime Policy & Management*, 40, 10-26.
- Baindur, D., Viegas, J. 2011. Challenges to implementing motorways of the sea concept—lessons from the past. *Maritime Policy and Management*, 38, 673-690.
- Bishai, D., Quresh, A., James, P., Ghaffar, A. (2006). National road casualties and economic development. *Health Economics*, 15, 65–81.
- Campos, J., de Rus, G. (2009). Some stylized facts about high-speed rail: A review of HSR experiences around the world. *Transport Policy*, 16, 19-28.
- Castillo-Manzano, J.I., Asencio-Flores, J.P. (2012). Competition Between New Port Governance Models on the Iberian Peninsula. *Transport Reviews*, 32, 519-537.
- Castillo-Manzano, J.I., Castro-Nuño, M. (2012). Driving licenses based on points systems: Efficient road safety strategy or latest fashion in global transport policy? A world wide meta-analysis. *Transport Policy*, 21, 191–201.

- Castillo-Manzano, J. I., González-Laxe, F., López-Valpuesta, L. (2013). Intermodal connections at Spanish ports and their role in capturing hinterland traffic. *Ocean and Coastal Management*, 86, 1-12.
- Castillo-Manzano, J.I., Castro-Nuño, M., Fageda, X. (2015). Can cars and trucks coexist peacefully on highways? Analyzing the effectiveness of road safety policies in Europe. *Accident Analysis and Prevention*, 77, 120–126.
- Christidis, P., Leduc, G. (2009). *Introducing Mega-Trucks. A review for policy makers.* European Commission. Joint Research Centre. Institute for Prospective Technological Studies. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- Douet, M., Cappuccilli, J. F. (2011). A review of short sea shipping policy in the European Union. *Journal of Transport Geography*, 19, 968-976.
- European Commission (EC) (2013). *EU transport in figures. Statistical pocketbook.* Belgium.
- Furtado, F. M. B. A. (2013). US and European Freight Railways: The Differences That Matter. In *Journal of the Transportation Research Forum*, 52, 65-84.
- Gabler, H.C., Hollowell, W.T., (2000). The crash compatibility of cars and light trucks. *Crash Prevention Injury Control*, 2, 19–31.
- Guirao, B., Menéndez, J. M., Rivas, A. (2005). Bimodal use of high-speed rail lines. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1916, 1-7.
- Golinska, P., Hajdul, M. (2012). European Union Policy for Sustainable Transport System: Challenges and Limitations. In *Sustainable Transport* (pp. 3-19). Springer Berlin Heidelberg.
- ITF (International Transport Forum) (2010). *Moving freight with better trucks.* OECD. Paris.
- Koliouisis, I., Koliouisis, P., Papadimitriou, S. (2013). Estimating the impact of road transport deregulation in short sea shipping: experience from deregulation in the European Union. *International Journal of Shipping and Transport Logistics*, 5, 500-511.
- Kopits, E., Cropper, M. (2005). Traffic fatalities and economic growth. *Accident Analysis and Prevention*, 37, 169-178.
- Lafontaine, F., Valeri, L. M. (2009). The deregulation of international trucking in the European Union: form and effect. *Journal of Regulatory Economics*, 35, 19-44.
- Levin, A., Lin, Ch.-F., Chu, Ch.-S.-J. (2002). Unit root tests in panel data: asymptotic and finite-sample properties. *Journal of Econometrics*, 108, 1–24.
- Limbourg, S., Jourquin, B. (2009). Optimal rail-road container terminal locations on the European network. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 45, 551-563.
- Loeb, P.D., Clarke, W.A. (2007). The determinants of truck accidents. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 43, 442–452.

- McGwin Jr, G., Brown, D. B. (1999). Characteristics of traffic crashes among young, middle-aged, and older drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 31, 181-198.
- McKinnon, A. C. (2005). The economic and environmental benefits of increasing maximum truck weight: the British experience. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 10, 77-95.
- McKinnon, A.C. (2006) A review of European truck tolling schemes and assessment of their possible impact on logistics systems, *International Journal of Logistics research and Applications: A Leading Journal of Supply Chain Management*, 9, 191-205.
- McKinnon, A.C. (2008). Should the maximum length and weight of trucks be increased? A review of European research. Logistics Research Centre, Heriot-Watt University, Edinburgh. In *Proceedings of the 13th International Symposium on Logistics 6–8 July 2008, Bangkok*.
- Milton, J. C., Shankar, V. N., Mannering, F. L. (2008). Highway accident severities and the mixed logit model: an exploratory empirical analysis. *Accident Analysis and Prevention*, 40, 260-266.
- Noland, R. B., Quddus, M. A. (2005). Congestion and safety: A spatial analysis of London. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 39, 737-754.
- Ortega, A., Vassallo, J.M., Guzmán, A.F., Pérez-Martínez, P.J. (2014). Are Longer and Heavier Vehicles (LHVs) Beneficial for Society? A Cost Benefit Analysis to Evaluate their Potential Implementation in Spain. *Transport Reviews*, 34, 150-168.
- Paixão, A. C., Marlow, P. B. (2002). Strengths and weaknesses of short sea shipping. *Marine Policy*, 26, 167-178.
- Paixão Casaca, A. C., Marlow, P. B. (2005). The competitiveness of short sea shipping in multimodal logistics supply chains: service attributes. *Maritime Policy and Management*, 32, 363-382.
- Qin, X., Wang, K., Cutler, C. E. (2013). Logistic Regression Models of the Safety of Large Trucks. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2392, 1-10.
- Ramírez, B. A., Izquierdo, F. A., Fernández, C. G., Méndez, A. G. (2009). The influence of heavy goods vehicle traffic on accidents on different types of Spanish interurban roads. *Accident Analysis and Prevention*, 41, 15-24.
- Rowangould, G. (2013). Public financing of private freight rail infrastructure to reduce highway congestion: A case study of public policy and decision making in the United States. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 57, 25–36.
- Saifizul, A.A., Yamanaka, H., Karim, M.R. (2011). Empirical analysis of gross vehicle weight and free flow speed and consideration on its relation with differential speed limit. *Accident Analysis and Prevention*, 43, 1068-1073.
- Steer J., Dionori, F., Casullo, L., Vollath, C., Frisoni, R., Carippo, F., Ranghetti, D. (2013). A review of megatrucks. Major issues and case studies. Directorate general for internal policies. Policy department b: structural and cohesion policies Transport and tourism. European Parliament's Committee on Transport and Tourism.

- Suárez-Alemán, A., Trujillo, L., Medda, F. (2014). Short sea shipping as intermodal competitor: a theoretical analysis of European transport policies. *Maritime Policy and Management*, (ahead-of-print), 1-18.
- Teutsch, M. (2013). Liberalisation or deregulation? The EU's transport policy and the environment. *Deregulation in the European Union: Environmental Perspectives*, 114.
- Tsamboulas, D., Vrenken, H., Lekka, A. M. (2007). Assessment of a transport policy potential for intermodal mode shift on a European scale. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 41, 715-733.
- Vassallo, J. M., Fagan, M. (2007). Nature or nurture: why do railroads carry greater freight share in the United States than in Europe? *Transportation*, 34, 177-193.
- Wang Ch., Quddus, M., Ison, S. (2013). A spatio-temporal analysis of the impact of congestion on traffic safety on major roads in the UK. *Transportmetrica A:Transport Science*, 9, 124-148.
- Yee, W.Y., Cameron, P.A., Bailey, M.J. (2006). Road traffic injuries in the elderly. *Emergency Medicine Journal* 23, 42-6.