

# Inversión en carreteras y accidentes de tráfico: una aproximación econométrica

**Javier Campos\***

[jcampos@daea.ulpgc.es](mailto:jcampos@daea.ulpgc.es)

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria  
Departamento de Análisis Económico Aplicado  
C/ Saulo Torón, 4 – 35017 Las Palmas de Gran Canaria  
☎ 928 451 792      📠 928 458 183

---

## Resumen

Este trabajo presenta un estudio econométrico sobre la relación existente entre las inversiones viarias y el número y gravedad de los accidentes de tráfico, utilizando datos desagregados por provincias. Frente a la mayoría de los estudios anteriores, que abordan el análisis de los accidentes desde la perspectiva de serie temporal, nuestra aproximación pretende vincular estadísticamente las inversiones realizadas en cada provincia con el número de accidentes y víctimas que hay en ellas. A pesar de que algunas limitaciones de los datos hacen que los resultados obtenidos no resulten totalmente concluyentes, el estudio sugiere sin embargo algunas conclusiones interesantes, demostrándose (y cuantificándose) por ejemplo que las inversiones en vías rápidas y de gran capacidad tienen un efecto claro sobre la reducción de accidentes y su gravedad.

---

\* El autor agradece los comentarios y sugerencias recibidos de sus compañeros del Grupo de Investigación en Economía de las Infraestructuras y el Transporte de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria ([www.eitlaspalmas.com](http://www.eitlaspalmas.com)), aunque asume personalmente los contenidos de este trabajo.

## 1.– MOTIVACIÓN

Tanto desde el punto de vista de su impacto social como económico, la existencia de accidentes en el transporte constituye uno de los principales problemas a los que se enfrentan actualmente muchos países europeos. Como muestra de esta preocupación el reciente *libro blanco* en el que se describe la política de transporte que pretende desarrollar la Comisión Europea en el horizonte del año 2010, (COM, 2001) incluye esta cuestión dentro de sus áreas de actuación prioritarias, proponiendo incluso un plan de acción específico cuyo objetivo general es incrementar los niveles de calidad, seguridad y eficiencia de todos los modos de transporte en Europa.<sup>1</sup>

Particularmente en el caso español, el Plan de Infraestructuras de Transporte puesto en marcha por el Ministerio de Fomento va a suponer un cambio radical en dichas infraestructuras a lo largo de la próxima década. De acuerdo con las cifras oficiales, la inversión total superará los 100 meuros, con una media anual que supondrá casi el 1.4% del PIB. De esta inversión, un 40% aproximadamente irá destinada a infraestructuras viarias – carreteras, autovías y autopistas. La pregunta que intenta abordar este trabajo es inmediata y se enmarca en las líneas definidas por el libro blanco comunitario. Dentro de los efectos cualitativos que puedan tener estas inversiones en infraestructuras de transporte, ¿es previsible un impacto importante sobre los accidentes (en cuanto a su número y su gravedad)?

Para proporcionar una respuesta a esta cuestión la estructura de este trabajo es la siguiente. Primero, en la sección 2 se discuten de manera general las causas y las consecuencias de los accidentes de transporte, distinguiendo los causantes *internos* (el comportamiento de los usuarios y las empresas que prestan los servicios) de los *externos* (condicionantes climáticos). El diseño general y estado de conservación de las vías se incluye dentro de los elementos internos, ya que es responsabilidad de una empresa privada u organismo público. En la sección 3 se presenta un estudio econométrico con datos desagregados por vías provinciales. Frente a la mayoría de estudios anteriores, que abordan el análisis de los accidentes desde la perspectiva de la serie temporal, esta aproximación pretende vincular estadísticamente las inversiones realizadas en cada

---

<sup>1</sup> Dentro de los objetivos particulares que se enuncian en el Libro Blanco, la Comisión Europea se propone reducir las cifras de accidentes al menos un 50% antes del año 2010, comprometiéndose a remitir propuestas concretas a los Estados Miembros relativas a las inversiones en infraestructura de transporte, incluyendo aspectos como la señalización, la vigilancia de “puntos negros”, el control de tiempos de conducción por parte de los transportistas, la armonización de las multas y sanciones y la promoción y homologación del uso de nuevas tecnologías de seguridad.

provincia con el número de accidentes y víctimas que hay en ellas. Dado que no presentamos un modelo económico concreto para explicar dicha relación, ésta no debería interpretarse en términos causales. El objetivo de nuestro análisis es identificar (y en su caso, cuantificar) algún tipo de elasticidad de la inversión con respecto a los accidentes, contribuyendo así a mejoras en los procesos de valoración de las inversiones en infraestructuras y en la medición del coste social de los accidentes.

## **2.– LOS ACCIDENTES EN EL TRANSPORTE**

A pesar de los intentos de prevención, por su propia naturaleza cualquier actividad de transporte conlleva un riesgo de sufrir algún tipo de accidente. Ya sea por fallos mecánicos o humanos o por la influencia de condicionantes externos, los accidentes sufridos por los vehículos y/o viajeros son un suceso frecuente en todos los modos de transporte, aunque la comparación entre estos no es fácil debido a que debe buscarse una variable de exposición común a todos ellos que refleje de forma adecuada sus características tecnológicas.<sup>2</sup>

En términos absolutos de números de víctimas y heridos, el mayor problema en casi todos los países lo constituye el transporte por carretera (por el uso más intensivo que se hace de este modo en comparación con otros). En estudios realizados en la Unión Europea para evaluar los costes sociales derivados del tráfico viario, éstos se sitúan en torno al 2,5% del PIB. En valores de mediados de los años noventa, los costes medios anuales de los accidentes en carreteras para el conjunto de la UE se cifraban en 15.000 meuros para los costes médicos, administrativos y de indemnizaciones; y en 30.000 millones adicionales correspondientes a las pérdidas de producción futura (netas de consumos) derivadas de la existencia de víctimas mortales y heridos. Por otra parte, los usuarios de las carreteras se mostraban dispuestos a pagar alrededor de 100.000 meuros por eliminar el riesgo de accidentes (COM, 1994; CEMT, 2000).

No existe un consenso sobre las causas de los accidentes de tráfico. De acuerdo con las estadísticas oficiales, en la mayoría de las ocasiones no puede hablarse de una

---

<sup>2</sup> De acuerdo con De Rus *et al.* (2003), en estudios donde se emplea como variable de exposición el total de pasajeros-kilómetro transportados, el transporte aéreo aparece con las tasas de siniestralidad más bajas, ya que por sus características, en este modo de transporte se recorren distancias muy largas y la probabilidad de accidentes se concentra más en las fases de aterrizaje y despegue de los aviones que en la fase de vuelo. Por el contrario, el transporte por carretera encabeza la lista de modos menos seguros de acuerdo con la variable de exposición "pasajeros-kilómetro". Estos resultados, no obstante, se ven alterados si se utiliza una medida de pasajeros-hora, o el número de movimientos realizados por los vehículos, como variables para relativizar el número de accidentes. El transporte aéreo, de acuerdo con estas medidas de exposición, aparece con tasas de siniestralidad similares al resto de modos.

*causa única*, sino un conjunto de circunstancias que, asociadas al azar, provocan el accidente o condicionan la gravedad de sus consecuencias. En general suelen considerarse dos grandes grupos de factores – externos e internos – que aumentan la probabilidad de sufrir un accidente de tráfico (Boyer y Dionne, 1987).

El primer grupo de factores incluye los que son causantes **externos** a la propia actividad de transporte y tienen un alto componente aleatorio, como el clima o la existencia de desgracias naturales (corrimiento de tierras, aludes, terremotos) o humanas (guerras, terrorismo, ...). El segundo grupo abarca los causantes **internos**, asociados al comportamiento de los individuos que realizan el transporte por cuenta propia (es decir, los conductores de los vehículos particulares) y a las actuaciones de las empresas que prestan servicios de transporte por cuenta ajena (por ejemplo, una compañía aérea o naviera en cuanto a la revisión y mantenimiento de sus aeronaves o buques). También podrían incluirse en este segundo ejemplo las empresas (o entidades públicas) encargadas del diseño, gestión y/o mantenimiento de carreteras y otras infraestructuras, en tanto que una actuación insuficiente o negligente por su parte podría incrementar la probabilidad de accidente. Aunque ésta puede interpretarse como uno más de los factores externos de los accidentes, en la inversión en infraestructuras viarias a menudo la preocupación por la reducción de accidentes constituye únicamente un elemento marginal en su valoración.

De hecho, tal como se discute detalladamente en De Rus y Campos (2001), la construcción e instalación de infraestructuras produce efectos locales beneficiosos a corto plazo, con independencia de su virtud a largo plazo. La actividad económica inmediata que genera un proyecto de inversión en grandes infraestructuras suele ser muy bien recibida en el ámbito local o regional, especialmente si la financiación es nacional o comunitaria. El hecho de que resuelva o no un problema de comunicación o abastecimiento real, de accidentes o la existencia de impactos medioambientales asociados al proyecto suelen ser aspectos ignorados, tanto más cuanto mayor desempleo y atraso sufra la región afectada por el proyecto. Esto hace que estos aspectos no sean casi nunca los determinantes a la hora de justificar o no la inversión.

Cuando la construcción de una infraestructura determinada provee servicios cuyo beneficio social al menos iguala su coste, la sociedad mejora. Sin embargo, no es infrecuente que se acometan proyectos cuya rentabilidad social *ex ante* es negativa. En este caso, las infraestructuras reducen el nivel de bienestar social, al constituir sus gastos

de construcción, explotación y mantenimiento una carga para el conjunto de la sociedad, la cual no recibe a cambio beneficios que compensen la renuncia a consumo presente o a otros proyectos de inversión pública o privada que necesariamente han dejado de acometerse.

En el caso de las carreteras, la evaluación de inversiones mediante el análisis coste-beneficio suele centrarse en los beneficios locales, pero no deben ignorarse los efectos regionales o nacionales relevantes, entre los que podría incluirse la reducción en los costes de los accidentes. Una vez estimados los beneficios y costes que se van a producir en la construcción y vida del proyecto, hay que agregarlos para obtener un valor actualizado de la diferencia. Para agregarlos debe utilizarse una tasa social de descuento que es generalmente positiva (indicando que la sociedad valora más los beneficios cercanos que los distantes en el futuro). A continuación se computan los beneficios y costes en años sucesivos una vez actualizados con la correspondiente tasa de descuento.

A veces ocurre que con la información disponible y con las técnicas de predicción y evaluación a nuestro alcance, la rentabilidad esperada *ex ante* no se corresponde con la rentabilidad alcanzada *ex-post*. En proyectos de inversión en grandes infraestructuras – cuya vida alcanza los cuarenta o cincuenta años – es irremediable convivir con pobres rentabilidades sociales *ex-post*. Cuando la rentabilidad social es nula o negativa, conocida *ex ante*, y a pesar de ello se acomete la ejecución, es muy importante indagar sobre las causas que provocan que en el sector público se tomen deliberadamente decisiones que reducen el bienestar social.

Existen dos razones fundamentales que explican esta irracionalidad desde el punto de vista de la búsqueda del mayor bienestar social y que están relacionadas con el momento en que se tiene información sobre la rentabilidad de la inversión. La primera razón surge del conflicto de intereses entre el ámbito *local* y el *global*. Una autoridad pública local, guiada por el interés general de la comunidad a la que representa, tendría incentivos para acometer proyectos socialmente no deseables desde una visión global de la región o nación, siempre que sobre dicha comunidad local beneficiaria del proyecto no recayese la carga financiera del mismo y/o no sufriese los efectos negativos asociados a su puesta en marcha (De Rus, 2001).

La segunda explicación para la ejecución de proyectos no rentables socialmente se fundamenta en que producen beneficios a grupos privados que no han de hacer frente a los costes de ejecución y explotación del proyecto. El hecho de que el sector privado se

beneficie de la ejecución del proyecto es lo normal y deseable en la mayoría de los grandes proyectos de inversión en infraestructura, al constituirse en un factor de producción más por el que generalmente no se paga o al elevar la productividad de los factores de producción privados. El problema surge cuando estos beneficios están lejos de justificar el coste de la inversión que supone el proyecto y, sin embargo, éste se lleva adelante por la presión de dichos grupos privados.

El análisis precedente pone en evidencia las dificultades intrínsecas del sistema de financiación pública de infraestructuras de transporte en la Unión Europea o en España. Tanto en la financiación de proyectos nacionales o regionales con fondos comunitarios, como en la financiación de proyectos regionales con presupuestos nacionales, existen fuertes incentivos para que los promotores locales de las inversiones ignoren efectos globales que exceden su ámbito de actuación política.

### **3.– UNA APROXIMACIÓN ECONOMETRICA CON DATOS DESAGREGADOS**

La mayoría de los estudios existentes sobre las causas y el coste de los accidentes de tráfico, tanto para España como para otros países, abordan este problema desde una perspectiva “macro”, con datos de series temporales.<sup>3</sup> En esta sección se presenta una aproximación empírica diferente en la que los datos utilizados se encuentran desagregados por vía y provincia.

La principal ventaja de este tipo de aproximación es que – al contrario de lo que sucede con los modelos de serie temporal – no se asume implícitamente que las condiciones de las carreteras (en una provincia) permanecen constantes a lo largo del tiempo. De hecho, el uso de datos desagregados permite analizar de manera directa el efecto de las inversiones en mejoras en la infraestructura, lo cual constituye la aportación más importante y novedosa de este trabajo.

Por otro lado, los datos desagregados tienen dos tipos de desventajas importantes que también deben ser consideradas. En primer lugar, no suele ser posible introducir en ellos otras variables relacionadas con los condicionantes *internos* y *externos* de los accidentes ni distinguir entre tipos de accidentes dentro de una misma provincia, ya que se asume que elementos como los precios o las condiciones climáticas afectan a todos

---

<sup>3</sup> Véanse por ejemplo Hakim *et al.* (1991), Evans (1994) o García-Ferrer y del Hoyo (1987) para España. Una excepción para el caso español es el trabajo de Carbajo (1991), donde se estudia de manera simultánea el coste social de los accidentes de carretera y la contaminación del aire.

los accidentes ocurridos en ella de igual manera, independientemente del estado de conservación de los vehículos o de la conducta de los conductores. Por esta razón, las regresiones realizadas en este apartado no deben interpretarse en términos causales, ya que no pretenden explicar si la cuantía de las inversiones produce o no más accidentes de acuerdo con un modelo teórico de referencia (por ejemplo, sobre el comportamiento óptimo de la entidad pública o privada que debe invertir en carreteras).

La segunda limitación de los datos desagregados por vías provinciales es de orden práctico y posiblemente puede condicionar los resultados. Se trata del hecho de que a menudo los datos sobre inversiones y accidentes no proceden de la misma fuente y éstas utilizan una definición de vía diferente que debe ser homogeneizada utilizando algún criterio de reparto *ad hoc*. En el caso particular de este trabajo, como se describe más adelante, los datos obtenidos sobre accidentes estaban referidos a cada una de las provincias españolas, mientras que las inversiones se referían a carreteras o tramos de carretera que abarcaban un ámbito inferior a la provincia o, en ocasiones, atravesaban dos o más provincias. Debemos reconocer que la importancia de este problema puede llegar a condicionar el grado de fiabilidad de algunos resultados, aunque no cuestiona en sí misma la metodología de usar datos desagregados, por lo que a medida que se disponga de mejores datos debería continuarse este tipo de estudios.

### **3.1.– Datos utilizados**

#### **Datos sobre carreteras**

Según el Ministerio de Fomento, a comienzos del año 2001 la red española de carreteras estaba formada por unos 165.000 kilómetros de vías. Esta cifra incluía autopistas de peaje, autopistas libres, autovías, carreteras de doble calzada y carreteras convencionales, pero excluía las vías urbanas y los caminos agrícolas o forestales, los cuales suponían aproximadamente unos 501.000 kilómetros adicionales. De acuerdo con la **Tabla 1**, la evolución de esta red viaria durante 1995-2000 ha estado caracterizada por un crecimiento anual relativamente pequeño. Sin embargo, si se observan con detalle los porcentajes de la primera columna (que reflejan la participación relativa de vías rápidas de gran capacidad en el total de la red nacional) se puede concluir que el crecimiento de la red de autovías y autopistas ha sido moderadamente más elevado, en detrimento de las vías de menor capacidad, de carácter autonómico y local.

**Tabla 1. La red española de carreteras: longitud y crecimiento (en kms.)**

| Años                               | Red Total<br>(% vías<br>rápidas) | Red de<br>Carreteras del<br>Estado (RCE) | Red<br>Autonómica | Red de las<br>Diputaciones<br>y Cabildos | Red Local<br>(***) |
|------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------------|-------------------|------------------------------------------|--------------------|
| 1995                               | 162.617<br>(5,01%)               | 22.926                                   | 72.553            | 67.138                                   | —                  |
| 1996                               | 162.100<br>(5,24%)               | 23.131                                   | 72.166            | 66.803                                   | —                  |
| 1997                               | 162.795<br>(5,56%)               | 23.397                                   | 72.444            | 66.954                                   | —                  |
| 1998                               | 664.326<br>(5,95%)               | 23.842                                   | 70.574            | 68.857                                   | 501.053            |
| 1999                               | 664.822<br>(6,28%)               | 24.124                                   | 71.080            | 68.565                                   | 501.053            |
| 2000                               | 664.610<br>(6,91%)               | 24.105                                   | 70.837            | 68.615                                   | 501.053            |
| <b>Crecimiento<br/>medio anual</b> | 0,4% (*)                         | 0,9%                                     | -0,4%             | 0,4%                                     | 0,0%               |

(\*) Esta tasa excluye las vías de los ayuntamientos y otros organismos.

(\*) Vías de gran capacidad (nacional y autonómica)

(\*\*\*) Ayuntamientos y otros organismos.

Con respecto a los próximos años, entre las prioridades de inversión pública en los próximos años, de acuerdo con el Ministerio, el vigente plan de carreteras propone actuaciones sobre los tramos de cierre de la red de autopistas y autovías existentes e intervenciones en tramos con elevada intensidad de tráfico, desarrollando nuevos itinerarios que doten a la red de carreteras con una estructura más mallada y que contribuyan a su integración en la red de carreteras transeuropeas.

### Datos sobre accidentes de tráfico

Las estadísticas de accidentes de tráfico en España son recogidas por la Dirección General de Tráfico ([www.dgt.es](http://www.dgt.es)), dependiente del Ministerio del Interior, quien publica cada año un anuario estadístico de difusión pública en el que se recoge una información muy detallada de las incidencias de tráfico. Además del número total de accidentes y víctimas de cada año, la información disponible está desglosada según todo tipo de circunstancias: por meses, por días de la semana, por vísperas o festivos, por períodos vacacionales u ordinarios, por hora del día, por grado de luminosidad en el momento del accidente (de noche, de día, al crepúsculo, etc.), por las condiciones atmosféricas (niebla, lluvia, viento, etc.), por la edad de los vehículos y las víctimas, por la antigüedad de los



permisos de conducción, por el tipo de vía (carretera o urbana) o vehículo (coche, camión, motocicleta, etc.), por las condiciones del lugar concreto del accidente (curva, cruce, paso a nivel, etc.), por el número de vehículos implicados, por el tipo de accidente (colisión, atropello,...) e incluso por el tipo de infracción presuntamente cometida por el conductor (exceso de velocidad, adelantamiento indebido, etc.)

Por ejemplo, la **Tabla 2** resume la información disponible para el año 2001 distinguiendo los accidentes ocurridos en carretera de los sucedidos en zonas urbanas. Durante ese año hubo más de 100.000 accidentes de tráfico en los murieron 5.517 personas. La mayoría de los accidentes ocurrieron en zonas urbanas (55%), pero la mayor parte de las víctimas mortales (82,3%) tuvieron lugar en carretera. Esta distribución es común en los años anteriores y muestra una pauta de comportamiento del tráfico en España bien consolidado a lo largo del tiempo, a pesar de que las cifras totales de accidentes y víctimas varían año tras año.

**Tabla 2. Accidentes de tráfico en España durante el año 2001**

|                                 | Total   | En carretera | En zona urbana |
|---------------------------------|---------|--------------|----------------|
| <b>Accidentes con víctimas:</b> |         |              |                |
| – Número total                  | 100.393 | 45.483       | 54.910         |
| – con víctimas mortales         | 4.170   | 3.452        | 718            |
| <b>Víctimas de accidentes:</b>  |         |              |                |
| – Número total                  | 155.116 | 79.700       | 75.416         |
| – Muertos                       | 5.517   | 4.543        | 974            |
| – Heridos                       | 149.599 | 75.157       | 74.442         |

Con el fin de captar esta variación, fruto probablemente de un conjunto de factores – entre los que pueden incluirse las campañas publicitarias de concienciación sobre la seguridad en el tráfico, las reformas en el código de circulación y las multas, así como posibles cambios en las condiciones de la vía y la climatología – no podemos considerar en nuestro estudio un único año, sino que resulta necesario elegir una muestra que abarque varios años. Hemos optado por el quinquenio 1995-2000 por ser un período para el que las cifras se encuentran totalmente consolidadas.

La tabla siguiente resume el número de accidentes por tipo de vía durante el período de referencia de la muestra. Salvo en el año 2000, el número total de accidentes se ha incrementado año tras año, en todos los tipos de vía (con la excepción de las

carreteras convencionales y las vías rápidas, debido a un cambio de denominación estadística en estas dos categorías). Las tasas de crecimiento han sido mayores en las autovías que en las autopistas.

**Tabla 3. Accidentes con víctimas en la red principal de carreteras**

| Tipo de vía                                               | 1995   | 1996   | 1997   | 1998   | 1999   | 2000   |
|-----------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Autopista de peaje                                        | 1.274  | 1.307  | 1.267  | 1.441  | 1.576  | 1.570  |
| Autopista libre                                           | 968    | 947    | 937    | 1.401  | 1.511  | 1.471  |
| Autovías                                                  | 4.395  | 4.573  | 4.565  | 5.740  | 5.956  | 6.106  |
| Carretera convencional desdoblada                         | 43     | 47     | 85     | 79     | 72     | 808    |
| Carretera convencional                                    | 10.458 | 10.500 | 10.296 | 11.233 | 11.037 | 9.813  |
| Vías rápidas                                              | 17.138 | 17.374 | 17.150 | 19.894 | 20.152 | 93     |
| TOTAL Red de Carreteras del Estado                        | 15.864 | 16.067 | 15.883 | 18.453 | 18.576 | 19.861 |
| Travesía carretera convencional                           | 2.419  | 2.359  | 2.296  | 2.415  | 2.374  | 1.926  |
| Zona urbana carretera no convencional                     | 792    | 767    | 703    | 827    | 828    | 1.196  |
| RCE sin travesía ni zona urbana                           | 13.927 | 14.248 | 14.151 | 16.652 | 16.950 | 16.739 |
| RCE sin travesía, ni zonas urbanas ni autopistas de peaje | 12.653 | 12.941 | 12.884 | 15.211 | 15.374 | 15.169 |

Los datos de la **Tabla 3** están desagregados por provincias, distinguiéndose en ellos el tipo de vía, pero no identificándose la carretera concreta en la que tuvo lugar cada accidente. Idealmente, nuestro objetivo inicial era disponer de información desagregada incluso por vías, de manera que pudiésemos contrastar la inversión en cada carretera concreta con el número de accidentes que ocurren en ella. Dado que los datos obtenidos no permiten realizar este paso adicional, asumiremos implícitamente que todos los accidentes que tienen lugar en una provincia poseen características comunes, sin distinguir en ellos cada vía concreta.

Finalmente, resulta importante distinguir entre variables absolutas y relativas al analizar los accidentes. Las primeras no están relacionadas con el volumen de tráfico (lo cual hace que su interpretación pueda ser incorrecta en ocasiones), mientras que las segundas se relacionan directamente con variables de exposición, por lo que presentan un valor más adecuado. Siguiendo esta aproximación, en nuestro estudio sobre la cuantía

de los accidentes y su gravedad hemos utilizado cuatro variables principales: como variables absolutas hemos empleado el número total de accidentes con víctimas y el número total de víctimas mortales en accidentes, mientras que como variables relativas usamos el índice de peligrosidad (número de accidentes con víctimas por cada cien millones de vehículos-kilómetro) y el índice de mortalidad: número de víctimas mortales de accidentes por cada cien millones de vehículos-kilómetro.

### Datos sobre inversiones

Los datos de inversiones utilizados en este estudio fueron suministrados por el Ministerio de Fomento y corresponden a las actuaciones en la red principal de carreteras españolas durante el período 1995-2000. En los datos se desglosa el importe invertido en cada vía, indicándose la localización del tramo afectado en cada caso, la longitud en kilómetros de dicho tramo y la cantidad invertida en pesetas corrientes, que han sido deflactadas a valores constantes de 1995. A partir de la identificación del tramo y la clave de la vía resulta relativamente sencillo localizar la provincia (o provincias) en la que se encuentran los tramos afectados por cada inversión.

Sin embargo, los datos de accidentes no se encuentran desglosados por vías, sino por provincias, por lo que se ha optado de igual manera por “provincializar” las inversiones en carretera de cada año: para cada provincia y año hemos agregado el total de inversiones realizadas mediante distintas actuaciones en carreteras de dicha provincia; cuando la inversión afectaba a más de una provincia se ha realizado un reparto proporcional en función de la longitud de cada tramo provincial. Este tipo de aproximación presenta algunas limitaciones metodológicas que convendrá tener en cuenta al interpretar los resultados:

- a) En primer lugar, las cifras de accidentes suministrados por la DGT se refieren a la totalidad de la provincia, incluyendo vías y zonas no afectadas por las inversiones. Esto hace que los cambios en la cuantía de accidentes y su gravedad no puedan relacionarse totalmente con las inversiones.
- b) En segundo lugar, no todos los tipos de inversiones son iguales. No es lo mismo un programa de acondicionamiento de una vía mejorando, por ejemplo, su señalización, que el desdoblamiento de una carretera convencional, o la eliminación de “puntos negros” o cruces peligrosos. Al “provincializar” los datos de inversiones los estamos agregando y perdemos por tanto cierto grado de detalle que puede ser relevante para explicar su efecto sobre los accidentes.

- c) Además de lo anterior, en muchas ocasiones las inversiones no se ejecutan de manera inmediata y sus efectos sólo se perciben transcurridos algún tiempo (tiempo de ejecución). Esto se debe a que, a pesar de estar presupuestadas para un ejercicio concreto, muchos proyectos de inversión a menudo se dilatan a lo largo de varios periodos. Periodificar cuánto se invierte de cada proyecto en cada año y cuándo comienzan a ser operativas las obras ejecutadas resulta bastante difícil. Por ello, en el análisis realizado se ha optado por calcular un promedio anual para aquellas inversiones de duración superior a un año y, a la hora de considerar los efectos de una inversión se han considerado siempre las cuantías invertidas uno o dos años antes del año en el que ocurren los accidentes que se están estudiando.
- d) Finalmente, un problema de tipo técnico que puede presentarse es el hecho de que en alguna provincia concreta no hubiese inversiones en alguno de los años de la muestra y sí tuviésemos cifras de accidente o viceversa.<sup>4</sup> Afortunadamente, utilizando la información del Ministerio de Fomento y de la Dirección General de Tráfico ha sido posible completar un panel de 50 provincias (excluyendo Ceuta y Melilla) con cifras de inversiones en carreteras y accidentes durante los cinco años de la muestra. Lo que se ha dejado fuera del modelo han sido las inversiones autonómicas y locales, que deberían ser incluidas en futuras actualizaciones de este trabajo.

### La información suministrada por las autopistas de peaje

Las características de la red viaria española y su crecimiento en los últimos años hacen que un estudio particular de las autopistas de peaje resulte muy relevante. Por ello, junto con la información procedente de la Dirección General de Tráfico y del Ministerio de Fomento se han obtenido para este trabajo datos proporcionados por las sociedades concesionarias de las autopistas de peajes. En ellos, al contrario de lo que sucedía con la red general de carreteras sí resulta posible obtener las inversiones realizadas en cada autopista (e incluso por tramos) y los accidentes ocurridos en las mismas. Esta característica hace que no resulte necesario “provincializar” las cifras y que podamos realizar un análisis específico a nivel de vía sobre la relación entre los accidentes y las inversiones.

La **Tabla 4** recoge algunas de las características de las empresas concesionarias de autopistas de peaje dentro de la red estatal de carreteras.<sup>5</sup> Destacan la concentración de tramos concesionados en el eje mediterráneo, así como los elevados plazos concesionales de los que disfrutaban la mayoría de las empresas, cuyo promedio general es

---

<sup>4</sup> Este tipo de problema afecta al procedimiento de muestreo y a la posterior estimación econométrica, obligando a utilizar un modelo censurado con datos discretos, como se describe más adelante.

<sup>5</sup> Las autopistas de peaje transferidas a la red autonómica incluyen las correspondientes a las sociedades TABASA, *Autoestradas*, AUTESA, AUDENAT y AUCAT. Sin embargo, no han sido incluidas en este estudio debido a la incompletitud de algunos de sus datos.

superior a 55 años, siendo mayor en el caso de las explotaciones realizadas por empresas públicas.

**Tabla 4. Sociedades concesionarias de autopistas de peaje en España**

| Sociedad concesionaria | Concesión               | Longitud (kms.) | Final concesión (duración) | Propiedad |
|------------------------|-------------------------|-----------------|----------------------------|-----------|
| ACESA                  | Montmeló – La Junquera  | 136,2           | 2021 (54,6)                | Privada   |
| ACESA                  | Barcelona – Tarragona   | 99,1            | 2021 (53,6)                | Privada   |
| ACESA                  | Montmeló – El Papiol    | 25,0            | 2021 (47,3)                | Privada   |
| ACESA                  | Zaragoza – Mediterráneo | 214,4           | 2021 (48,2)                | Privada   |
| AUCALSA                | León – Campomanes       | 86,8            | 2050 (75)                  | Pública   |
| AUDASA                 | Ferrol – Tuy            | 206,4           | 2048 (75)                  | Pública   |
| AUMAR                  | Sevilla – Cádiz         | 93,5            | 2019 (50,4)                | Privada   |
| AUMAR                  | Tarragona – Valencia    | 223,3           | 2019 (48,3)                | Privada   |
| AUMAR                  | Valencia – Alicante     | 148, 4          | 2019 (47)                  | Privada   |
| AVASA                  | Bilbao – Zaragoza       | 294,5           | 2026 (53)                  | Privada   |
| EUROPISTAS             | Burgos – Armiñón        | 80,9            | 2017 (43,2)                | Privada   |
| IBERPISTAS             | Villalba – Adanero      | 69,5            | 2018 (50)                  | Privada   |
| AUSOL                  | Málaga – Estepona       | 75,7            | 2046 (50)                  | Privada   |
| AUSUR                  | Alicante – Cartagena    | 76,6            | 2048 (50)                  | Privada   |

La longitud troncal de las autopistas estatales de peaje hasta comienzos del año 2002 era de 1.815,6 kms. y el volumen de tráfico durante el año 2001 superó los 12.700 millones de vehículos-kilómetro. Con respecto a los datos sobre accidentes, estos presentan algunas características interesantes. Por ejemplo, los índices de peligrosidad y mortalidad suelen disminuir a lo largo del tiempo. De acuerdo con las empresas, ello se debe a las “...mejoras aplicadas en las autopistas (...) como el control y vigilancia de las velocidades de circulación, instalación de señalización, etc.” Un simple ajuste lineal entre el número de accidentes y las intensidades de tráfico produce un coeficiente negativo muy significativo, que se mantiene y mejora incluso en el caso de considerar una relación hiperbólica. Este resultado anima a considerar la posibilidad de estudiar nuestro problema con un modelo econométrico algo más sofisticado.

### 3.2.– Modelo y técnicas econométricas

La relación econométrica utilizada en este trabajo para estudiar la conexión entre los accidentes de tráfico y las inversiones en carreteras se corresponde con una expresión general del tipo:

$$y_{it} = \alpha + x'_{it,t-1,t-2}\beta + \eta_i + \xi_{it} \quad (1)$$

donde la variable dependiente  $y_{it}$  es la medición (absoluta o relativa) de la cuantía o gravedad de los accidentes,  $x'_{it,t-1,t-2}$  es un vector de regresores contemporáneos o retardados uno o dos períodos,  $\alpha$  y  $\beta$  son los vectores de coeficientes a estimar y el término de error  $\xi_{it}$  se considera distribuido normalmente y no correlacionado con ninguno de los regresores.

Como puede observarse, la ecuación anterior hace uso de la *estructura de panel* que caracteriza a nuestra muestra. En el caso de los datos de la red general de carreteras (denominado a partir de ahora, *modelo general*) el subíndice  $i$  identifica a cada una de las 50 provincias españolas (se excluyen Ceuta y Melilla) observadas consecutivamente desde el año  $t=1995$  hasta  $t=2000$ . En el caso de los datos proporcionados por las sociedades concesionarias de autopistas de peaje (en adelante, *modelo de autopistas*), el subíndice  $i$  hace referencia a cada concesión, mientras que el período temporal es el mismo. El término  $\eta_i$  incluido en la expresión (1) a estimar puede interpretarse como una heterogeneidad individual no observable que captura características intrínsecas del tráfico o la geografía de cada provincia (en el *modelo general*) o de cada autopista de peaje en particular (en el *modelo de autopistas*). En caso de ser relevantes estos efectos su omisión (estimando los modelos mediante un simple *pool* de datos) conduciría a que los valores de los vectores de coeficientes  $\alpha$ ,  $\beta$  estimados estuviesen sesgados.

La utilización de técnicas de datos de panel en la estimación del modelo permite corregir este problema, bien mediante una aproximación de “efectos fijos” o una de “efectos aleatorios”. En el primer caso, la heterogeneidad individual (no observable) se representa como un desplazamiento paramétrico en la expresión (1). Es decir, es “como si” considerásemos una nueva ordenada en el origen,  $\alpha_i = \alpha + \eta_i$ , invariante con respecto al tiempo, pero particular para cada provincia o autopista, haciendo que la estimación por mínimos cuadrados ordinarias no fuese sesgada. Con efectos aleatorios, se estaría considerando que la heterogeneidad inobservable forma parte del término de error, de

forma que  $u_{it} = \eta_i + \xi_{it}$ . Esto convierte el modelo en heterocedástico, obligando a su estimación por mínimos cuadrados generalizados (MCG).

Desgraciadamente, ambas aproximaciones no siempre conducen a los mismos resultados. Sin embargo, si el efecto de las variables omitidas puede ser adecuadamente resumido en una variable aleatoria y los efectos individuales (inobservables) pueden interpretarse también como el desconocimiento del investigador ante el problema que estudia, no parece irrazonable tratar en un caso la fuente de la ignorancia como fija ( $\alpha_i$ ) y en otro como aleatoria ( $u_{it}$ ). Esto sugiere que una forma de abordar de manera conjunta los modelos de efectos fijos y aleatorios consiste en asumir desde el principio que los efectos son aleatorios y utilizar MCG para estimarlos. El test estadístico adecuado para contrastar la validez de este método es el llamado *test de Hausman* (Hausman, 1978), que consiste en comprobar si la heterocedasticidad del modelo permite o no una aproximación de efectos fijos.<sup>6</sup>

Una vez resuelto el problema de la elección del método de estimación, la selección de las variables a incluir en la expresión **(1)** no resulta excesivamente complicada, dentro de las limitaciones impuestas por los datos disponibles. Como *variables dependientes*, como ya fue mencionado anteriormente, en el *modelo general* se utilizan las medidas absolutas y relativas de la cuantía y gravedad de los accidentes (número de accidentes, número de víctimas, índice de peligrosidad e índice de mortalidad), mientras que en el *modelo de autopistas* aunque también se consideran todas estas medidas, únicamente se presentan las primeras debido a la pobreza de los resultados en el caso de las medidas relativas.

Debe observarse que la naturaleza discreta y censurada (sólo pueden tomar valores positivos o ceros) de los datos de accidentes condiciona el método de estimación a utilizar. Siguiendo a Cameron y Trivedi (1996), debemos emplear un modelo de Poisson de parámetro  $\lambda$  en el que explícitamente se considera que la variable  $y_{it}$  puede tomar únicamente valores discretos positivos. En general, en estos casos el modelo de regresión se expresa entonces como:

$$E[y_i | x_i] = \lambda_i = \exp(x_i' \beta), \quad (2)$$

---

<sup>6</sup> El test de Hausman se utiliza cuando hay dos estimadores de un vector de parámetros  $\beta$  (por ejemplo,  $\beta_{MCG}$  and  $\beta_{MCO}$ ). Bajo la hipótesis nula ( $H_0$ ) los efectos individuales no están correlacionados con los regresores, por lo que,  $\beta_{MCG}$  es consistente y eficiente, pero  $\beta_{MCO}$  es inconsistente. Bajo la alternativa ( $H_1$ ), ambos estimadores son consistentes, pero  $\beta_{MCG}$  es ineficiente. Esto permite comparar si resulta preferible usar efectos fijos o aleatorios.

donde se ha prescindido momentáneamente del subíndice temporal por comodidad. Resulta habitual describir la ecuación anterior en forma lineal-logarítmica,

$$\ln E[y_i | x_i] = \ln \lambda_i = x_i' \beta, \quad (3)$$

aunque en este caso debe tenerse en cuenta que también cambia la interpretación de los coeficientes estimados:  $\beta$  representa el cambio proporcional en  $y_i$  ante un cambio unitario en los valores de los regresores. La introducción de efectos individuales no observables no altera sustancialmente las características de la expresión anterior, por lo que las técnicas de panel descritas anteriormente seguirían siendo válidas.

Con respecto a los *regresores* o variables explicativas ( $x'_{it,t-1,t-2}$ ), además de las inversiones (retardadas uno o dos períodos con respecto al año en que ocurre el accidente, y medidas en logaritmos), en el *modelo general* se incluyen otras variables de control como la longitud de la vía afectada por la inversión, el parque automovilístico provincial (ya que resulta difícil obtener una medida del volumen de tráfico correspondiente sólo a la red principal de carreteras de cada provincia), la población de la provincia y su renta, así como la red viaria total en dicha provincia. En el *modelo de autopistas*, los regresores principales son, junto con las inversiones, la longitud de la autopista, el número de enlaces, el volumen de tráfico anual (vehículos-km), la intensidad media diaria (promedio) y los años restantes concesión.

Inicialmente en ambos modelos fueron consideradas otras variables de tipo “dummy” que intentaban identificar si la vía analizada se encontraba en el norte de España o en el sur, intentando capturar efectos climáticos. También se probó con zonas costeras y de interior, para capturar el efecto de los desplazamientos veraniegos. Probablemente debido a la presencia del efecto individual  $\eta_i$ , los resultados con este tipo de variables no resultaron significativos y empeoraban además las regresiones anteriores, por lo que se optó finalmente por excluirlas.

### 3.3.– Resultados

Las **Tablas 5 y 6** resumen los resultados correspondientes al *modelo general* durante el período 1995-2000. Ambas tablas únicamente reportan los estimadores MCG obtenidos usando la aproximación de “efectos aleatorios”, debido a que los correspondientes valores



del test de Hausman sugirieron que este método era preferible tanto a la estimación mediante “efectos fijos” como al simple *pool* de datos.<sup>7</sup>

**Tabla 5. Relación entre el número de accidentes e inversiones  
(Modelo general con efectos aleatorios)**

| Variables explicativas                               | Variable dependiente | Número de accidentes                   | Índice de peligrosidad                 |
|------------------------------------------------------|----------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|
| Inversiones realizadas en $t - 1$ (en mill. pesetas) |                      | - 0,991<br>(1,444)                     | - 0,002<br>(0,002)                     |
| Inversiones realizadas en $t - 2$ (en mill. pesetas) |                      | - 1,308<br>(2,791)                     | - 0,001<br>(0,001)                     |
| Longitud de la vía afectada por la inversión (kms.)  |                      | - 1,008<br>(1,515)                     | - 0,098<br>(0,058)                     |
| Parque automovilístico provincial (vehículos)        |                      | <b>3,432</b><br>(1,808)                | 2,987<br>(1,692)                       |
| Población de la provincia (miles habitantes)         |                      | <b>0,304</b><br>(0,091)                | <b>0,221</b><br>(0,099)                |
| Renta provincial (en mill. pesetas)                  |                      | <b>1,220</b><br>(0,614)                | <b>0,943</b><br>(0,475)                |
| Red viaria provincial (kms.)                         |                      | <b>1,027</b><br>(0,404)                | 0,884<br>(0,657)                       |
| Número de observaciones ( $N$ ) = 150                |                      | R2-ajustado: 0,776<br>Log-RV: -886,740 | R2-ajustado: 0,601<br>Log-RV: -773,089 |

**Notas:** La unidad de análisis es la provincia. Entre paréntesis figuran las desviaciones típicas de los coeficientes. Los valores resaltados en negrita son significativos al 95%

**Tabla 6. Relación entre la gravedad de los accidentes e inversiones  
(Modelo general con efectos aleatorios)**

| Variables explicativas                               | Variable dependiente | Número de víctimas                     | Índice de mortalidad                   |
|------------------------------------------------------|----------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|
| Inversiones realizadas en $t - 1$ (en mill. pesetas) |                      | - 0,023<br>(2,009)                     | - 0,014<br>(0,031)                     |
| Inversiones realizadas en $t - 2$ (en mill. pesetas) |                      | - 0,002<br>(0,001)                     | - 0,001<br>(0,001)                     |
| Longitud de la vía afectada por la inversión (kms.)  |                      | - 1,076<br>(0,739)                     | - 0,045<br>(0,025)                     |
| Parque automovilístico provincial (vehículos)        |                      | 2,234<br>(2,035)                       | 2,032<br>(1,387)                       |
| Población de la provincia (habitantes)               |                      | <b>0,287</b><br>(0,086)                | <b>0,109</b><br>(0,047)                |
| Renta provincial (en mill. pesetas)                  |                      | 1,654<br>(1,042)                       | 0,987<br>(0,908)                       |
| Red viaria provincial (kms.)                         |                      | 2,098<br>(1,358)                       | 0,877<br>(0,607)                       |
| Número de observaciones ( $N$ ) = 150                |                      | R2-ajustado: 0,406<br>Log-RV: -933,441 | R2-ajustado: 0,397<br>Log-RV: -883,893 |

**Notas:** La unidad de análisis es la provincia. Entre paréntesis figuran las desviaciones típicas de los coeficientes. Los valores resaltados en negrita son significativos al 95%

<sup>7</sup> Para elegir entre la estimación de panel o mediante *pool* de datos utilizamos el test del multiplicador de Lagrange (LM) propuesto por Breusch y Pagan (1979), cuya  $H_0$  (rechazada en nuestro caso) es que los efectos individuales inobservables no son relevantes.

Entre los resultados más destacables que se deducen de las estimaciones del *modelo general* destacan los siguientes:

- La significatividad individual de los parámetros del modelo resulta en general bastante baja con respecto a todos los regresores. Sin embargo, frente a otras estimaciones alternativas (omitiendo algunas de las variables anteriores e incluyendo algunas *dummies*) se ha preferido presentar los resultados de las tablas anteriores porque son los que muestran todos los coeficientes estimados con signos “correctos” (esperables *a priori*) y porque en ellos las medidas de significatividad conjunta ( $R^2$  ajustado y valor de logaritmo de la ratio de verosimilitud) son mejores.
- En ambas tablas, y para las cuatro definiciones utilizadas de la variable independiente, es destacable la ausencia de relación estadística significativa entre las inversiones en carreteras y la cuantía y gravedad de los accidentes de tráfico. Aun siendo éste uno de los resultados centrales del trabajo, debería interpretarse con cautela porque podría estar afectado por las limitaciones en los datos y el proceso de “provincialización” de las inversiones explicado anteriormente.
- Del resto de regresores, tanto el parque automovilístico, como la población, la renta y la red viaria tienen una relación significativa y de signo positivo con el número de accidentes, mientras que al considerar la medida relativa del índice de peligrosidad únicamente la población de la provincia. Este hecho, así como el resultado general de que los coeficientes estimados son mucho más significativos con variables absolutas que con relativas, resulta difícil de explicar, aunque podría atribuirse a algún tipo de multicolinealidad entre los regresores utilizados y la forma de medir la exposición al riesgo en las variables relativas.
- Finalmente, cuando la variable dependiente es la gravedad de los accidentes (**Tabla 6**) los resultados son peores. En este caso – a pesar de que de nuevo los signos son los adecuados – únicamente la población de la provincia parece tener relación con el número de víctimas de los accidentes. Para comprender mejor este resultado debe recordarse que la especificación de nuestro modelo excluye todo el conjunto de causantes (internos y externos) discutidos en la Sección 2 y que únicamente se centra en la relación entre la accidentabilidad y las inversiones.

Con relación al *modelo de autopistas*, el método de estimación preferible en este caso parece ser el de efectos fijos, de acuerdo con los valores del test de Hausman y el test LM. Los efectos individuales no observables (asociados ahora a las características intrínsecas de las autopistas) son relevantes y los resultados de los coeficientes estimados se resumen en la **Tabla 7**. Entre los resultados más destacables que se deducen de las estimaciones del *modelo de autopistas* encontramos los siguientes:

- No se reportan en la tabla los resultados correspondientes a las variables relativas. Al igual que en el caso del modelo general, las estimaciones preliminares mostraron unos resultados muy pobres por lo que fueron descartados. También fueron excluidas dentro de los regresores las inversiones en  $t - 2$

para no reducir excesivamente los grados de libertad. Las estimaciones que incluían esta variable tenían un nivel de significatividad conjunta muy bajo.

- Al contrario que en el *modelo general*, en el caso de las autopistas de peaje sí que parece existir una relación significativa y de signo negativo entre la cuantía de las inversiones (llevadas a cabo un período anterior) y el número de accidentes y víctimas. Puesto que ambos tipos de datos proceden de los concesionarios, y no resulta necesario homogeneizarlos, esto parece reforzar la idea de que el método de “provincialización” utilizado en el modelo general puede generar distorsiones.
- La otra variable explicativa que mantiene una relación (positiva) relevante con la accidentabilidad es el volumen de tráfico anual, en términos de vehículos-kilómetro. Sin embargo, y de manera algo sorprendente, no ocurre lo mismo con respecto a las intensidades medias diarias.<sup>8</sup>
- El número de enlaces también resulta relevante y tiene signo negativo (contrariamente a lo que pudiera pensarse inicialmente, ya que los enlaces – cruces, incorporaciones, etc. – suelen asociarse a mayor accidentabilidad). Sin embargo, en las autopistas de peaje los enlaces no son de ese tipo y conllevan por lo general una reducción de la velocidad media que, en correspondencia, disminuye también los accidentes.
- Finalmente, aunque fuera del objeto central de este trabajo, hemos estimado si existía alguna relación entre los accidentes y la duración de las concesiones. Curiosamente se ha obtenido un efecto positivo muy pequeño de signo negativo cuya interpretación y consecuencias podría ser objeto de otro tipo de análisis.

**Tabla 7. Relación entre accidentes e inversiones en autopistas de peaje**

**Modelo de autopistas con efectos fijos**

| Variables explicativas                             | Variable dependiente | Número de accidentes                   | Número de víctimas                     |
|----------------------------------------------------|----------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|
| Inversiones realizadas en $t-1$ (en mill. pesetas) |                      | <b>- 1,233</b><br>(0,348)              | <b>- 1,101</b><br>(0,449)              |
| Longitud de la autopista (en kms.)                 |                      | 2,220<br>(1,550)                       | 1,997<br>(1,536)                       |
| Número de enlaces                                  |                      | <b>- 0,032</b><br>(0,017)              | - 0,002<br>(0,022)                     |
| Tráfico anual (vehículos-km)                       |                      | <b>3,098</b><br>(1,218)                | <b>2,024</b><br>(0,965)                |
| Intensidad media diaria (promedio)                 |                      | 2,977<br>(3,016)                       | 2,112<br>(2,761)                       |
| Años restantes concesión                           |                      | <b>0,001</b><br>(0,001)                | 0,001<br>(0,027)                       |
| Número de observaciones ( $N$ ) = 56               |                      | R2-ajustado: 0,662<br>Log-RV: -840,414 | R2-ajustado: 0,590<br>Log-RV: -825,930 |

**Notas:** La unidad de análisis es la autopista. Entre paréntesis figuran las desviaciones típicas de los coeficientes. Los valores resaltados en negrita son significativos al 95%.

<sup>8</sup> Hemos comprobado que esto puede deberse a la correlación entre ambos regresores. Al omitir el volumen de tráfico, la significatividad individual de la intensidad media diaria aumenta, aunque la significatividad general del modelo disminuye.

#### 4.- CONCLUSIONES

Inspirado por las recomendaciones emanadas del reciente Libro Blanco comunitario sobre política de transporte, este trabajo ha pretendido abordar la cuestión de si las inversiones en infraestructuras viarias tienen o no un efecto relevante sobre el número y la gravedad de los accidentes de tráfico que ocurren en España. Nuestro punto de partida ha sido un análisis de las causas generales de los accidentes de tráfico, identificándolos con un efecto externo de las actividades de transporte por carretera. Hemos descrito dos tipos de causantes: los *internos*, asociados al comportamiento de los individuos (conductores) y de las entidades (públicas o privadas) encargadas de suministrar las infraestructuras viarias y mantenerlas en un estado adecuado de conservación, y los *externos*, vinculados al clima y los fenómenos naturales, y con un alto componente de azar.

Mientras que las posibilidades de intervención y control sobre estos últimos son bastante limitadas, sí que resulta posible afectar en cierta manera a los factores internos causantes de los accidentes. Tanto en el caso de las decisiones de utilización del vehículo privado como para las empresas de transporte público, la internalización de los costes externos por parte de los agentes que toman las decisiones es la fórmula para tratar de resolver o al menos aliviar las externalidades asociadas con los accidentes. Esta internalización no es generalmente alcanzable de forma automática por mecanismos de mercado, por lo que puede requerirse la existencia de alguna autoridad reguladora que imponga obligaciones a los agentes causantes de las externalidades.

A pesar de que la intervención de una autoridad reguladora no reduce los accidentes a tasas nulas (ya que siempre permanece el factor de aleatoriedad en las actividades de transporte vinculado a las causas externas), su objetivo debe ser siempre reducir las probabilidades de siniestros al mínimo posible, teniendo en cuenta los costes asociados a las reducciones de dichas probabilidades de accidentes y, en general, el coste social que estos imponen a la sociedad.

Finalmente, hemos realizado un estudio econométrico con datos desagregados por vías en el que se relaciona las inversiones en infraestructura con los accidentes. La hipótesis subyacente es que – junto a las tradicionales políticas de tráfico basadas en incentivos (multas, campañas publicitarias, normas de velocidad, etc.) – la autoridad reguladora puede tener cierto margen de intervención adicional sobre los accidentes mediante el diseño y ejecución de inversiones en infraestructuras.

Para confirmar esta idea, frente a la mayoría de estudios anteriores, que abordan el análisis de los accidentes desde la perspectiva de la serie temporal, nuestro trabajo ha pretendido vincular las inversiones realizadas sobre cada vía con el número de accidentes y víctimas que hay en ellas. El objetivo de nuestro análisis es identificar (y en su caso, cuantificar) algún tipo de *elasticidad* de la inversión con respecto a los accidentes, de manera que este valor pudiera ser utilizado en el diseño y priorización de proyectos futuros de inversión, o para anticipar resultados esperables en inversiones ya planeadas.

Probablemente debido a algunas limitaciones de los datos, los resultados obtenidos no resultan totalmente concluyentes pero sugieren algunas ideas interesantes. Salvo en el caso particular de las autopistas de peaje, hemos encontrado que en la red general de carreteras no resulta posible obtener una cuantificación estadísticamente aceptable de la elasticidad mencionada anteriormente. En todo caso, estas conclusiones deben interpretarse con cautela y como una primera aproximación al problema, en cuyo estudio debería profundizarse a medida que los datos disponibles sean de mayor calidad.

## REFERENCIAS

- Breusch, T.S. y A.R. Pagan (1979): "A simple test for heteroskedasticity and random coefficient variation", *Econometrica*, 47, pp. 1287-94.
- Boyer, M. y G. Dionne (1987): "Economics of road safety", *Transportation Research*, 21B, N°5, pp. 413–431.
- Cameron, C. y P.K. Trivedi (1996): "Count data models", en G.S. Maddala and C.R. Rao (ed.), *Handbook of Statistics, Vol. 14*, pp. 363-392, North-Holland, Amsterdam.
- Carbajo, J.C. (1991): "El coste social de los accidentes de carretera y la contaminación del aire", *Investigaciones Económicas*, Vol. XV, 2, pp. 269 -283.
- CEMT (2000): "Economic evaluations of road traffic safety measures", Round Table 117, Conferencia Europea de Ministros de Transporte. París.
- COM (2001): "European transport policy for 2010: Time to decide", Libro Blanco. Bruselas. Accesible en <http://europa.eu.int>
- COM (1994): "The economic cost of traffic accidents, European cooperation in the field of scientific and technical research", COST 313.
- De Rus, G. (2001): "Análisis coste-beneficio", Editorial. Ariel, Madrid.

- De Rus, G. y J. Campos (2001): "El sistema de transporte europeo", Editorial Síntesis, Madrid.
- De Rus, G., J. Campos y G. Nombela (2003), "Economía del Transporte", Antoni Bosch (ed.), Barcelona, 2003.
- Evans, A.W. (1994): "Evaluating public transport and road safety measures", *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 26, No.4, pp. 411-428.
- García Ferrer, A. y J. Del Hoyo (1987): "Analysis of the car accident indexes in Spain: a multiple time series approach", *Journal of Business & Economic Statistics*, 5, pp. 27-38.
- Hakim, S., S. Hakkert, I. Hochermann y D. Shefert (1991): "A critical review of macro model for road accidents", *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 23, No. 5, pp. 379-400.
- Hausman, J.A. (1978): "Specification tests in econometrics", *Econometrica*, 46, 1251-71.