

Evolución de la mortalidad por accidentes de tráfico en España, 1962-1994

J. L. Redondo Calderón¹ / J. de Dios Luna del Castillo² / J. J. Jiménez Moleón³ / P. Lardelli Claret³ y R. Gálvez Vargas³

¹Delegación Provincial de Salud. Córdoba.

²Departamento de Estadística e Investigación Operativa. Universidad de Granada.

³Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública. Universidad de Granada.

Correspondencia: Pablo Lardelli Claret. Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública. Facultad de Farmacia. Campus de Cartuja, s/n. 18071 Granada. E-mail: lardelli@goliat.ugr.es

Recibido: 5 de enero de 1999

Aceptado: 14 de julio de 1999

(Trends in traffic accident mortality in Spain, 1962-1994)

Resumen

Objetivo: Estudiar la evolución de la tasa de mortalidad por accidentes de tráfico en España desde 1962 hasta 1994 y la capacidad explicativa que sobre ella tienen sus cuatro componentes teóricos: la motorización (vehículos/habitantes), la accidentabilidad (accidentes/vehículos), la lesividad (víctimas/accidentes), y la letalidad (defunciones/víctimas).

Métodos: A partir de los Censos de la Población Española y de los Boletines de la Dirección General de Tráfico se han obtenido los datos necesarios para calcular las variables antes referidas, para todos los años del período en estudio, globales, en carretera y en zona urbana. Se han obtenido los coeficientes de correlación de Pearson simple y parcial entre cada indicador y la tasa de mortalidad, y se han aplicado modelos de regresión de Poisson.

Resultados: La tasa de mortalidad poblacional muestra una tendencia ascendente durante el período estudiado, y destaca el fuerte incremento de sus valores entre 1982 y 1989, que afectó fundamentalmente a población joven, seguido de un descenso posterior. Los cuatro componentes antes citados se asocian positivamente con la magnitud de la tasa de mortalidad. En el análisis de correlación parcial destaca su asociación con los índices de motorización y de lesividad globales y en carretera, mientras que en zona urbana es la letalidad el factor más estrechamente asociado con ella. El papel de la accidentabilidad parece relativamente menor.

Conclusiones: Ya que la tasa de exposición es creciente en nuestro país y escapa a una estrategia de control, es necesario potenciar las medidas que tiendan a disminuir los otros tres componentes de la mortalidad poblacional, específicamente las relacionadas con la lesividad y la letalidad.

Palabras clave: Accidentes de tráfico. Mortalidad. Evolución temporal. Estudio ecológico.

Summary

Objective: To assess the evolution of the traffic accident mortality rate in Spain from 1962 to 1994, and the role played by its four theoretical components: motorization index (vehicles/population), accidentability index (accidents/vehicles), harmfulness index (victims/accidents) and fatality index (deaths/victims).

Methods: Data from the National Population Census and the Bulletin of the Dirección General de Tráfico were collected to estimate the above mentioned indicators for all accidents and accidents in road and urban zones. Simple and multiple partial correlation coefficients among variables were calculated. Poisson regression models were also obtained.

Results: An increasing trend during the whole period was observed for the national traffic accident mortality rate, especially from 1982 to 1989 in the younger age groups, followed by a decrease after 1990. The aforementioned four components were significantly associated with the mortality rate. The strength of this association was especially high for the motorization index and for the harmfulness index when all accidents and road accidents were considered. For urban accidents, the fatality index rate is the component most strongly associated with mortality rate. The role played by the accidentability index in the magnitude of the mortality rate seems less important.

Conclusions: The growing exposure rate to traffic accidents observed in Spain (measured by the motorization index) is not directly influenciable by public health strategies. Therefore, it seems advisable to emphasize the development of measures focused to control the other three components of traffic accident mortality rate, especially those related with harmfulness and fatality.

Key words: Traffic accidents. Mortality. Temporal trends. Aggregate studies.

Introducción

La mortalidad por accidente de tráfico (AT) sigue siendo uno de los principales problemas de Salud Pública en la mayoría de los países desarrollados. En España, en 1997, según los datos de la Dirección General de Tráfico (DGT)¹ se produjeron 86.067 accidentes con víctimas, 130.851 víctimas y 5.604 defunciones. Utilizando los datos de la Estadística de Causas de Muerte suministrados por el Instituto Nacional de Estadística para 1995², la tasa bruta de mortalidad por AT fue de 22,8 muertes por 100.000 habitantes en varones y 6,8 en mujeres, lo que la sitúa en la 9.^a y 18.^a posición, respectivamente, en relación al total de causas de muerte³. Sin embargo, probablemente su verdadera importancia se pone de manifiesto cuando se tiene en cuenta la temprana edad a la que se producen las defunciones: en 1995 era la primera causa de muerte en población con edades comprendidas entre los 5 y los 24 años y la segunda entre los 25 y 44 años, siendo, en conjunto, la segunda causa de Años Potenciales de Vida Perdidos en hombres y la tercera en mujeres³.

Desde el campo de la epidemiología, una de las aproximaciones metodológicas más utilizadas para el estudio de los AT ha sido la ecológica, a partir de la comparación de los distintos indicadores relacionados con el problema (mortalidad, morbilidad, letalidad, etc.)⁴, entre unidades geográficas o temporales, y su correlación con otras variables explicativas, medidas también al mismo nivel de agregación⁵⁻⁸. Desde esta perspectiva, y siguiendo un razonamiento similar al propuesto por van Beeck y cols. en Holanda^{9,10}, para una unidad geográfica dada, el valor de su tasa de mortalidad poblacional por AT (número de defunciones por n habitantes) debería ser el resultado de la combinación de cuatro componentes basales: la exposición al accidente (expresable, en general, como personas expuestas o unidades de espacio-tiempo recorridas por n habitantes), la accidentabilidad (número de accidentes por n unidades de exposición), la lesividad (número de víctimas por n accidentes) y la letalidad (número de defunciones por n víctimas). En principio, cada componente está determinado por un conjunto diferente de factores causales. La tabla 1 presenta de forma resumida algunos de ellos. Hay factores que actúan sobre un único componente (p. ej., la calidad de los servicios sanitarios influye específicamente sobre la letalidad, pero no afecta a los otros tres). Otros factores operan con un sentido diferente sobre cada componente: la edad avanzada, por ejemplo, influye aumentando la accidentabilidad, la lesividad y la letalidad, pero se asocia inversamente con la exposición. Por todo ello, es interesante cuantificar la importancia relativa de cada uno de los cuatro componentes antes citados sobre la mag-

Tabla 1. Modelo explicativo de la tasa de mortalidad poblacional por accidentes de tráfico

COMPONENTES: Estimador

— Factores determinantes

1. NIVEL DE EXPOSICIÓN: Unidad de exposición/Población total
 - Nivel de desarrollo socioeconómico
 - Determinantes de la densidad de circulación:
 - Individuales: Edad, sexo, profesión, etc.
 - Temporales: Hora del día, día de la semana, del mes, etc.
 - Geográficos: Distribución de la población, etc.
2. ACCIDENTABILIDAD: Accidentes/Unidad de exposición
 - Factores individuales: Edad, sexo, alcohol, fatiga, enfermedad, pericia, etc.
 - Factores ambientales: Características de la calzada, visibilidad, densidad de circulación, etc.
 - Factores del vehículo: Neumáticos, frenos, luces, etc.
 - Velocidad del vehículo
3. LESIVIDAD: Víctimas/Accidente
 - Número de personas involucradas en el accidente:
 - Número de vehículos implicados
 - Tasa de ocupación del vehículo o vehículos implicados
 - Magnitud del accidente: Velocidad, características de la zona
 - Mecanismos de atenuación del impacto: Tipo de vehículo, cinturón de seguridad, casco, etc.
 - Resistencia individual al impacto: Edad, estado físico, etc.
4. LETALIDAD: Defunciones/Víctimas
 - Magnitud del accidente: Velocidad, Características de la zona
 - Mecanismos de atenuación del impacto: Cinturón de seguridad, casco, etc.
 - Resistencia individual al impacto: Edad, estado físico, etc.
 - Calidad de la atención sanitaria

nitudo final de la tasa de mortalidad poblacional. En este sentido, el presente estudio pretende explicar la evolución temporal de la tasa de mortalidad por AT en España desde 1962 hasta 1994 en función de la evolución de sus teóricos componentes basales.

Métodos

Diseño: Se ha realizado un estudio ecológico¹¹. El ámbito geográfico es el territorio español y el período de estudio el comprendido entre los años 1962 y 1994, ambos inclusive.

Fuentes de información: La DGT recibe, de las Jefaturas Provinciales de Tráfico, una copia de los cuestionarios estadísticos de accidentes. Éstos son cumplimentados para cada AT investigado por cualquiera de las siguientes instituciones: la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil, las Comandancias de Dirección General de la Guardia Civil y las Policías Municipal y Autónoma. A partir de esta información, la DGT edita anualmente los Boletines Informativos de Accidentes¹². De ellos se obtuvo, para cada año, la siguiente información:

— Número de vehículos censados (camiones + autobuses + turismos + motocicletas).

— Número de accidentes con víctimas, es decir, aquéllos que se producen o tienen su origen en una de las vías o terrenos objeto de la legislación sobre tráfico, circulación de vehículos a motor y seguridad vial, resultando a consecuencia de los mismos una o varias personas muertas o heridas, y en los que están implicados al menos un vehículo en movimiento¹², en carretera y zona urbana.

— Número de víctimas y de defunciones, en carretera y zona urbana, por estratos de edad y sexo. Hasta el año 1992, sólo se consideran los fallecidos en las primeras 24 horas tras el accidente. Desde 1993 se incluyen los fallecidos en los 30 días siguientes al accidente.

Por otra parte, a partir de los Censos de Población Española de 1960, 1970, 1981 y 1991¹³, se obtuvo la población en cada uno de esos años, estratificada por grupos de edad (quinquenales) y sexo.

Variables del estudio: Se procedió inicialmente a la estimación de las poblaciones para los años no censales incluidos en el estudio, mediante la aplicación de la fórmula de crecimiento geométrico de la población. Posteriormente se obtuvieron las siguientes variables:

— Tasa de Mortalidad Poblacional por AT: Número de defunciones por AT por 100.000 habitantes. Se calcularon, para cada año del estudio, las tasas globales y las tasas específicas por grupos de edad (0-14 años, 15-24, 25-44, 45-64, 65-74, > 74) y sexo.

— Índice de Motorización: número de vehículos/población total.

— Índice de Accidentabilidad: número de accidentes/número de vehículos.

— Índice de Lesividad: número de víctimas/número de accidentes.

— Índice de Letalidad: número de defunciones/número de víctimas.

Todas las variables, salvo el índice de motorización, se obtuvieron de forma global y separadamente para carretera y zona urbana. La tasa de mortalidad poblacional se ajustó por grupos de sexo y edad (0-14 años, 15-24..., > 74), mediante estandarización por el método directo, tomando como referencia la población española de 1981. Finalmente, con objeto de facilitar la comparabilidad de las variaciones temporales de los indicadores calculados, los valores anuales de cada uno de ellos se han estandarizado con respecto a los del primer año (1962), a los que se les asignó el valor 100.

Análisis: Se ha estudiado la correlación de la tasa de mortalidad con cada uno de los componentes basales mediante el cálculo del coeficiente de correlación de Pearson. En cada caso se calculó el coeficiente simple y el parcial, controlando el efecto de los otros tres componentes. Posteriormente, puesto que todas las variables siguen una distribución de Poisson, se han apli-

cado modelos de regresión de Poisson,¹⁴ con la siguiente expresión:

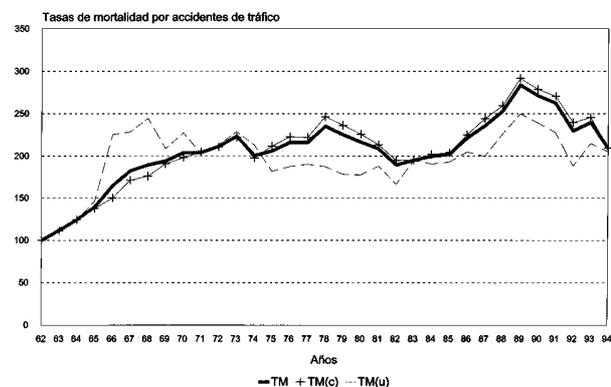
$$\log \lambda = \beta_0 + \beta_1 \log x_1 + \beta_2 \log x_2 \dots + \beta_n \log x_n,$$

donde λ es la tasa de mortalidad poblacional que se pretende modelizar y x_i las magnitudes de las variables independientes, en este caso los índices de motorización, accidentabilidad, lesividad y letalidad. Se construyeron modelos simples, para cada variable, y múltiples, con la inclusión de los cuatro componentes. Para cada modelo se obtuvieron los coeficientes de regresión de cada término independiente (β_i), que expresan el número de unidades que aumenta o disminuye la variable dependiente —en este caso $\log \lambda$ — por cada unidad porcentual de aumento de dicho término, así como sus correspondientes intervalos de confianza del 95%. También se obtuvo la *deviance* o lejanía del modelo, que permite establecer de forma relativa la bondad de ajuste del mismo en relación con los datos utilizados para construirlo. El análisis estadístico se realizó con los programas SPSS (versión 7.5)¹⁵ y STATA (versión 5.0)¹⁶.

Resultados

La tabla 2 muestra los valores anuales de todas las variables utilizadas en el presente estudio. La figura 1 presenta la evolución de las tasas anuales de mortalidad poblacional entre 1962 y 1994. Puede comprobarse cómo las tasas de mortalidad poblacional global y en carretera presentan perfiles muy similares (la mortalidad en carretera representa aproximadamente el 80% de la mortalidad global), en general ascendentes a lo largo del período considerado, aunque con diversas oscilaciones,

Figura 1. Evolución de las tasas de mortalidad por accidentes de tráfico en España, 1962-1994.



TM: Tasa de mortalidad por AT. TM(c): Tasa de mortalidad por AT en carretera. TM(u): Tasa de mortalidad por AT en zona urbana. Los valores anuales están reescalados con respecto al de 1962, al que se le ha asignado un valor de 100.

Tabla 2. Valores anuales de las tasas de mortalidad por accidentes de tráfico y sus cuatro componentes basales. España, 1962-1994

Año	Tasa ajustada de mortalidad	Índice de motorización	Índice de accidentab.	Índice de lesividad	Índice de letalidad
62	6,152	47,25	22,03	1.447,91	42,82
63	6,872	54,58	21,27	1.443,33	42,57
64	7,651	63,13	20,32	1.456,73	42,16
65	8,585	72,65	21,26	1.440,66	39,44
66	10,12	84,65	18,65	1.496,00	42,28
67	11,21	96,31	17,06	1.507,81	44,96
68	11,64	107,01	15,42	1.522,83	45,85
69	11,94	118,63	13,85	1.540,37	46,72
70	12,53	129,37	13,25	1.563,83	46,30
71	12,56	141,39	12,06	1.576,27	46,31
72	13,00	154,72	11,69	1.594,31	44,87
73	13,73	170,62	11,18	1.588,46	45,24
74	12,33	184,69	9,71	1.587,15	43,28
75	12,67	197,95	8,87	1.574,31	45,88
76	13,29	211,89	8,65	1.583,82	45,78
77	13,28	227,86	8,07	1.620,06	44,91
78	14,47	243,84	7,85	1.654,12	46,19
79	13,85	258,08	7,46	1.677,59	43,37
80	13,32	271,20	6,67	1.662,05	44,52
81	12,82	282,37	6,30	1.658,11	44,37
82	11,65	294,16	5,71	1.645,62	42,87
83	11,99	305,40	6,27	1.606,75	39,90
84	12,28	290,49	6,70	1.623,98	40,11
85	12,41	303,00	7,01	1.620,91	37,24
86	13,61	316,26	7,23	1.625,53	38,01
87	14,49	334,73	7,61	1.621,95	36,79
88	15,56	353,48	7,77	1.610,60	37,06
89	17,44	376,24	7,49	1.608,31	40,70
90	16,67	394,47	6,57	1.600,13	42,78
91	16,13	412,53	6,04	1.582,09	43,78
92	14,12	429,98	5,12	1.557,55	44,23
93	14,74	438,32	4,57	1.546,09	51,61
94	12,84	444,92	4,39	1.520,64	47,05

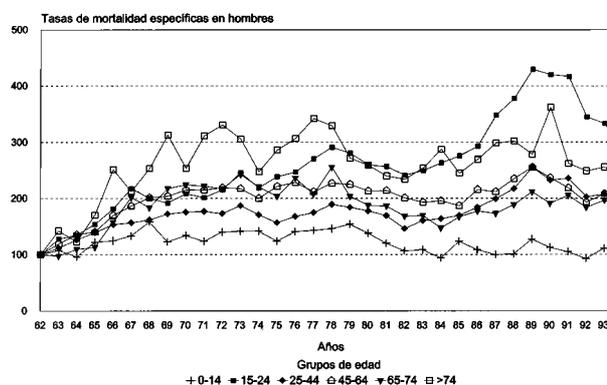
La tasa de mortalidad por accidentes de tráfico está expresada por 100.000 habitantes. Los otros cuatro indicadores están multiplicados por 1.000 habitantes, 1.000 vehículos, 1.000 accidentes y 1.000 víctimas, respectivamente.

de entre las que destaca especialmente el aumento marcado durante los años ochenta, seguido de un descenso en la década siguiente. La tasa poblacional de mortalidad en zona urbana presenta un patrón diferente, con un brusco ascenso en la década de los sesenta, un descenso irregular desde 1968 hasta 1982, un ascenso desde ese año hasta 1989 y un descenso posterior. La figura 2 muestra la evolución de las tasas de mortalidad por grupos de edad y sexo. Se observa en ambos sexos un incremento importante de las tasas de mortalidad del grupo de edad de 15 a 24 años, que abarca prácticamente toda la década de los ochenta.

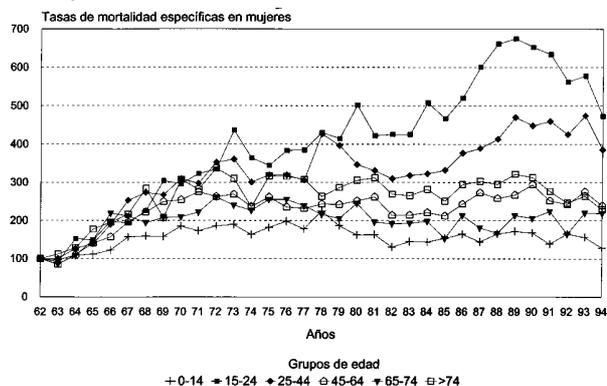
En cuanto a los componentes basales, el índice de motorización (figura 3) sigue una tendencia lineal

Figura 2. Evolución de la mortalidad por accidentes de tráfico por grupos de edad y sexo en España, 1962-1994.

(I): Hombres

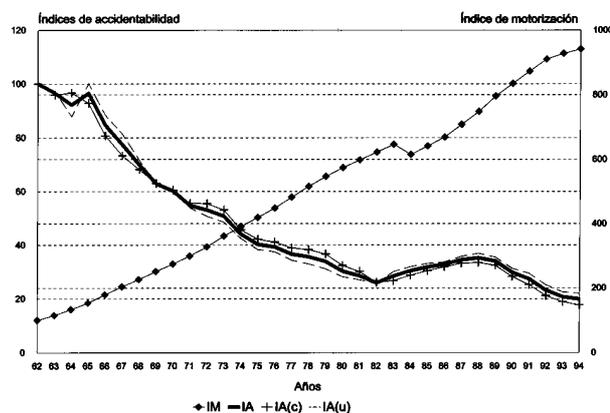


(II): Mujeres



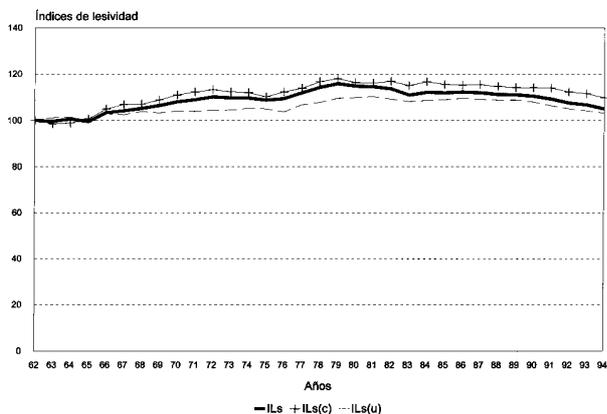
Los valores anuales están reescalados con respecto al de 1962, al que se le ha asignado un valor de 100.

Figura 3. Evolución de los índices de motorización y de accidentabilidad en España, 1962-1994.



IM: Índice de motorización. IA: Índice de accidentabilidad. IA(c): Índice de accidentabilidad en carretera. IA(u): Índice de accidentabilidad en zona urbana. Los valores anuales están reescalados con respecto al de 1962, al que se le ha asignado un valor de 100.

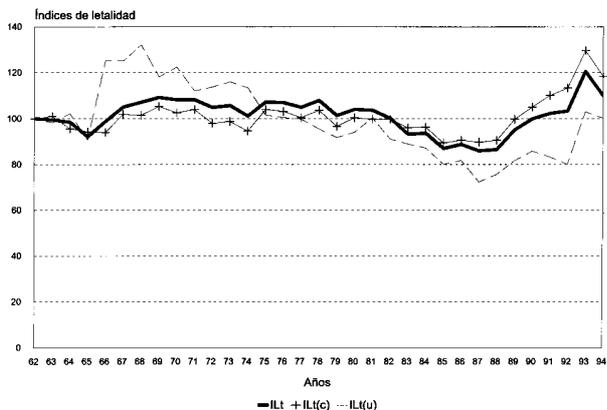
Figura 4. Evolución de los índices de lesividad en España, 1962-1994.



ILs: Índice de lesividad. ILs(c): Índice de lesividad en carretera. ILs(u): Índice de lesividad en zona urbana. Los valores anuales están reescalados con respecto al de 1962, al que se le ha asignado un valor de 100.

creciente casi perfecta, sólo truncada por el descenso de 1984, debido a la actualización del censo del parque móvil que se realizó ese año. La tendencia del índice de accidentabilidad (figura 3), idéntica a nivel global, en carretera y zona urbana, es claramente descendente, salvo en el período 83-88. El índice de lesividad (figura 4) presenta perfiles mucho más estables en las tres gráficas, aunque puede delimitarse claramente en todas ellas, pero especialmente para los valores en carretera, un período de incremento (entre los años 62 a 79 aproximadamente), seguido de otro de ligero descenso, hasta el final del período. Finalmente, los índices de letalidad (figura 5) son los que presentan un perfil más irregular a lo largo del período es-

Figura 5. Evolución de los índices de letalidad en España, 1962-1994.



ILt: Índice de letalidad. ILt(c): Índice de letalidad en carretera. ILt(u): Índice de letalidad en zona urbana. Los valores anuales están reescalados con respecto al de 1962, al que se le ha asignado un valor de 100.

tudiado. A nivel global destaca el descenso, con oscilaciones, que muestra desde mediados los años setenta hasta 1987, momento a partir del cual comienza a ascender hasta prácticamente el final del período. No obstante, este patrón cambia en función de la zona considerada: en carretera el descenso es menos marcado, destacando más el ascenso final, a partir de 1987. En zona urbana ocurre justo a la inversa: se aprecia, tras un ascenso brusco a finales de los años sesenta, un descenso mucho más constante entre 1968 y 1994, mientras que el ascenso final es considerablemente menos acusado.

La tabla 3 muestra las correlaciones de la tasa de mortalidad por AT con sus cuatro componentes basales. Todos ellos muestran coeficientes de correlación parcial de signo positivo y magnitud moderada. La correlación es estadísticamente significativa para el índice de motorización y el de lesividad. En carretera se obtienen unos valores más elevados que los anteriores y estadísticamente significativos para motorización, accidentabilidad y lesividad. El patrón es diferente en zona urbana: la máxima correlación con la mortalidad poblacional se obtiene precisamente para la letalidad; no obstante, también se obtienen correlaciones estadísticamente significativas con los otros tres componentes.

Finalmente, la tabla 4 presenta los resultados de la regresión múltiple de Poisson. Los cuatro componentes basales se introducen de forma significativa en el

Tabla 3. Coeficientes de correlación de Pearson simples y parciales entre la tasa de mortalidad por AT y sus componentes basales

	Tasa de mortalidad por AT	
	r_s	r_p
a) Valores Globales		
Índice de Motorización	0,774**	0,491**
Índice de Accidentabilidad	-0,814**	0,247
Índice de Lesividad	0,714**	0,484**
Índice de Letalidad	0,043	0,360
b) Valores en Carretera		
Índice de Motorización	0,804**	0,542**
Índice de Accidentabilidad	-0,839**	0,393*
Índice de Lesividad	0,815**	0,601***
Índice de Letalidad	0,218	0,344
c) Valores en Zona Urbana		
Índice de Motorización	0,389*	0,613***
Índice de Accidentabilidad	-0,411*	0,357*
Índice de Lesividad	0,329	0,482*
Índice de Letalidad	0,189	0,735***

r_s : Coeficiente de correlación simple.

r_p : Coeficiente de correlación parcial.

*: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$.

Tabla 4. Modelos de regresión de Poisson para la tasa de mortalidad por AT

	Coef.(x10 ⁻⁵)	I.C. 95%	RR ¹	IC. 95%	Deviance
Global					
Índice de Motorización	68,15	(61,36-74,95)	1,0007	(1,0006-1,0007)	1.836,2
Índice de Accidentabilidad	411,84	(304,41-519,28)	1,0041	(1,0030-1,0052)	
Índice de Lesividad	3.246,83	(2.950,75-3.542,91)	1,0330	(1,0299-1,0351)	
Índice de Letalidad	589,21	(510,03-668,39)	1,0059	(1,0051-1,0067)	
Carretera					
Índice de Motorización	66,35	(59,19-73,50)	1,0007	(1,0006-1,0007)	1.217,1
Índice de Accidentabilidad	778,42	(645,52-911,32)	1,0078	(1,0065-1,0092)	
Índice de Lesividad	4.635,14	(4.280,84-4.989,45)	1,0474	(1,0437-1,0512)	
Índice de Letalidad	576,07	(487,46-664,49)	1,0058	(1,0049-1,0067)	
Zona Urbana					
Índice de Motorización	86,52	(74,84-98,20)	1,0009	(1,0007-1,0010)	399,2
Índice de Accidentabilidad	464,46	(325,41-603,51)	1,0047	(1,0033-1,0061)	
Índice de Lesividad	4.025,67	(3.316,32-4.735,02)	1,0411	(1,0337-1,0485)	
Índice de Letalidad	1.264,54	(1.145,44-1.384,23)	1,0127	(1,0115-1,0139)	

¹RR: Riesgo Relativo.

modelo con coeficientes de regresión positivos. La variable que por unidad porcentual de incremento produce una mayor magnitud de cambio en la tasa de mortalidad poblacional es el índice de lesividad, y la que menos, el índice de motorización. Al comparar el valor de cada coeficiente entre carretera y zona urbana destaca en esta última el aumento en la magnitud del índice de letalidad.

Discusión

La validez de los resultados obtenidos depende básicamente de la validez de cuatro elementos que es necesario considerar: los datos utilizados, los indicadores calculados, el modelo propuesto y las técnicas de análisis. Con respecto al primero, es especialmente importante que a lo largo del período estudiado se haya mantenido la homogeneidad en los criterios de definición y recogida de todas las variables utilizadas. En este sentido, el número de vehículos puede haber sufrido un incremento artificial a lo largo del período al no darse de baja los vehículos retirados de la circulación. La corrección de 1984 corrobora esta suposición que, en cualquier caso, sólo tendería a atenuar la pendiente de crecimiento del parque móvil. Con respecto a las defunciones, ya se ha comentado que a partir de 1993, la DGT considera como tales las que se producen en los 30 días posteriores al accidente, y no sólo en las primeras 24 horas, lo que puede suponer un incremento aproximado de un 17-30% en las cifras de 1993 y 1994 con respecto a las de los años anteriores¹⁷, que afectaría

específicamente a las tasas de mortalidad y al índice de letalidad de esos años. Efectivamente, en las figuras 1 y 4 puede observarse cómo la magnitud de ambas variables en 1993 sufre un brusco incremento, en relación con sus respectivos valores de 1992. Finalmente, es posible que a lo largo del período de estudio se haya producido una mejora en el registro de los accidentes y de las víctimas. En relación con estas últimas, la Generalitat valenciana sostiene que su número podría haber aumentado por influencia de las compañías de seguros¹⁸. Todo ello podría haber producido un ligero aumento artificial de los índices de accidentabilidad y lesividad a lo largo del tiempo.

Con respecto a la validez de los indicadores calculados, el problema se centra en la estimación de la exposición: al no disponer de estimaciones anuales directas para todo el período (personas-kilómetro o personas-tiempo), hemos utilizado, por su elevada disponibilidad y razonable fiabilidad, el número de vehículos por 1.000 habitantes. Al hacer esto consideramos que existe una estrecha correlación entre dicho número y la tasa de exposición, lo que es plausible para las comparaciones entre los años de un período, como es nuestro caso. No obstante, los índices de motorización y accidentabilidad calculados en este estudio no se corresponden exactamente con los conceptos teóricos de exposición y accidentabilidad.

El modelo teórico propuesto se basa en el desarrollado por van Beeck et al^{9,10}, aunque nuestro modelo difiere en dos aspectos: el primero, la ya comentada dificultad en la estimación de la exposición, que hace necesaria la utilización del índice de motorización. En segundo lugar, van Beeck y cols sólo consideran tres

componentes basales: exposición, letalidad y riesgo de accidente. Este último, definido como el número de víctimas por n unidades de exposición, aúna los conceptos de accidentabilidad y lesividad que nosotros, al igual que otros autores¹⁹, hemos diferenciado con la convicción de que los factores que determinan ambos no son los mismos y deben ser independizados.

Finalmente, con respecto a las técnicas de análisis empleadas, podría cuestionarse el empleo de los coeficientes de correlación parcial, dado que, por la forma en que están contruidos los índices (el numerador de uno es el denominador del siguiente, y así sucesivamente), los cuatro componentes basales están estrechamente correlacionados entre sí de forma inversa. Por otra parte, en ninguno de los análisis efectuados se ha incluido la variable año. El año está, como puede comprobarse en la figura 3, linealmente correlacionado con el índice de motorización y su inclusión como covariable distorsiona el efecto explicativo de este último, invirtiendo el signo de su asociación.

En principio, a partir del análisis gráfico de las distintas series de indicadores se desprende que en España ha ocurrido un proceso similar al acontecido en la mayoría de los países.^{9,20} El desarrollo socioeconómico genera dos fenómenos de consecuencias opuestas: un aumento de la exposición, que tiende de forma natural a aumentar la mortalidad por AT, y un mejor control de los factores del vehículo y del medio ambiente que inciden sobre la accidentabilidad, con lo que ésta tiende a disminuir con el tiempo. En fases relativamente iniciales del desarrollo, la influencia del primer factor supera con mucho la del segundo, y el balance neto es el del incremento en el saldo de muertes. Sin embargo, llega un momento en que la tendencia ascendente de la mortalidad se invierte, a pesar de que siga aumentando la exposición. Así, en la mayoría de los países de Europa Occidental, la tasa de mortalidad poblacional comenzó a descender al inicio de la década de los setenta^{10,21}. En concordancia con este planteamiento, Söderlund y Zwi²⁰ han hallado que el producto interior bruto per cápita se correlaciona positivamente con la mortalidad poblacional por AT hasta que se alcanza un determinado valor en dicho producto interior, momento a partir del cual la relación se invierte. En España, no obstante, este punto de inflexión, que parece situarse al inicio de los noventa, se alcanza con bastante retraso con respecto a otros países europeos²². Una de las razones de este fenómeno se aprecia en el período inmediatamente anterior: en los años ochenta la tendencia descendente en la accidentabilidad se trunca y lo que antes eran dos fenómenos contrapuestos se convierten ahora en dos fenómenos potenciadores (aumento de la exposición y de la accidentabilidad), que dan como resultado un aumento espectacular de la mortalidad poblacional en ese período, aumento que afecta muy especialmente al grupo de edad de 15 a 24 años,

como se aprecia en la figura 2, y que ya ha sido descrito con anterioridad, tanto a nivel nacional como en algunas comunidades autónomas²²⁻²⁶. Entre los factores responsables de este espectacular incremento se han citado la mayor accesibilidad de la población joven a la adquisición y uso de las motocicletas, favorecida por el crecimiento económico experimentado en esos años^{25,26}, el uso, también especialmente frecuente entre los jóvenes de esa década, de vehículos excesivamente potentes para su pequeño tamaño²⁷, o el efecto de la publicidad estimuladora de la velocidad²⁸.

Es posible que el descenso de la tasa de mortalidad poblacional que se observa a partir del inicio de la presente década esté relacionado con factores como las diversas reformas legislativas llevadas a cabo a partir de la nueva ley de Tráfico y Seguridad Vial de 1990, o las agresivas campañas publicitarias institucionales^{1,26}. No obstante, es notable la coincidencia de este descenso con un ascenso de la letalidad, un fenómeno ya puesto de manifiesto anteriormente²⁵, y que parece sugerir que el efecto de la letalidad sobre la mortalidad poblacional, al menos en este período, no es excesivamente relevante. En relación con las razones que justifican este aumento de la letalidad, y si suponemos que tanto las medidas de atenuación del impacto como la calidad de la atención sanitaria dispensada a las víctimas al menos no han empeorado a lo largo del tiempo, todo parece indicar que dicho aumento debe reflejar un incremento en la gravedad de los accidentes, debido fundamentalmente a la mayor velocidad a la que éstos se producen.

Los coeficientes de correlación parcial y los modelos de regresión múltiple arrojan resultados relativamente concordantes. El modelo teórico presentado en la introducción parece adecuado, ya que, como cabía esperar, los cuatro componentes basales influyen de forma positiva sobre la magnitud de la tasa de mortalidad por AT, tanto a nivel global como en carretera y zona urbana. Por otra parte, también refleja con bastante precisión lo que ya se ha comentado anteriormente a partir de las figuras: la mortalidad poblacional es una función directa de la tasa de exposición de la población, independientemente de los otros tres componentes (accidentabilidad, lesividad y letalidad). Dicha tasa no es modificable desde una perspectiva sanitaria; antes al contrario, su tendencia natural es hacia un aumento en principio ilimitado, como un fiel reflejo de la mejora del nivel de vida de la población (a pesar de que algunos modelos matemáticos establezcan predicciones basadas en la saturación del volumen de tráfico)²⁹. Por lo tanto, para que persista en el futuro el descenso en la mortalidad poblacional por AT es necesario que se mantenga la disminución en los otros tres componentes. Sin embargo, es evidente que los descensos en la accidentabilidad, la lesividad o la letalidad, a diferencia del aumento en la exposición, sí tienen un límite teórico,

alcanzable a más o menos corto plazo en función del punto de partida y los recursos movilizados a tal fin. Ello sugiere que la actual tendencia al descenso en la mortalidad poblacional por AT en nuestro país puede ser un fenómeno coyuntural, susceptible de revertir en un futuro más o menos cercano.

Por otra parte, el análisis realizado también arroja algunos resultados llamativos. En primer lugar, el modelo global y para carretera sugiere que las variaciones temporales en la tasa de mortalidad poblacional por AT se deben, aparte de las ya comentadas atribuibles a los cambios en la exposición, fundamentalmente al efecto de la lesividad, por encima del de la accidentabilidad y la letalidad. La lesividad depende de dos grandes factores:

— El número de personas involucradas en cada accidente, dependiente a su vez de la tasa de ocupación de los vehículos, del número de vehículos implicados en el accidente y de la densidad de transporte colectivo (viajes en autobús). Todo parece indicar que estos dos últimos factores tienden a aumentar a lo largo del tiempo. El número de vehículos involucrados en un accidente está relacionado con la densidad de circulación, y en España el crecimiento de la red viaria ha sido proporcionalmente muy inferior al del parque móvil, lo que hace que nuestro país sea uno de los que presentan una mayor concentración de circulación de toda Europa.²² Por otra parte, el escaso desarrollo del ferrocarril se ha compensado con un gran incremento en el transporte por carretera. Todo ello puede haber contribuido al aumento, moderado pero constante, de la tasa de lesividad observado hasta finales de los años setenta.

— El impacto sobre las personas implicadas de la energía cinética liberada en el accidente. Este factor depende de la velocidad a la que ocurre el accidente y de la existencia o no de medidas que atenúen el impacto de la energía sobre los individuos²². Ambos factores afectan tanto a la lesividad como a la letalidad. En relación con el primero, la velocidad máxima que pueden alcanzar los vehículos ha ido aumentando progresivamente con el tiempo. Si a ello unimos el efecto contrastado de la velocidad sobre la accidentabilidad, así como la mejora en las vías de circulación, debemos suponer que los accidentes que ocurren en nuestro país se producen cada vez a mayor velocidad, lo que también puede justificar parcialmente el progresivo aumento de la lesividad hasta finales de la década de los setenta. Con respecto a la mayor o menor atenuación del impacto, el tipo de vehículo es un elemento clave: la lesividad es sensiblemente mayor en los accidentes en que están involucrados vehículos de dos ruedas²². En este sentido, debemos recordar que España presenta una de los mayores parques de ciclomotores y motocicletas de Europa²². Por otra parte, la progresiva mejora en los sistemas de seguridad pasivos de los vehículos, así como la obligatoriedad en el uso de medi-

das como el casco o el cinturón de seguridad, pueden haber contribuido al descenso de la lesividad iniciado en los años ochenta.

En segundo lugar, la accidentabilidad mantiene, en los análisis bivariados, una asociación inversa con la mortalidad poblacional, asociación que se aprecia igualmente en las figuras. Básicamente, ello viene a subrayar lo ya comentado anteriormente: el descenso en la accidentabilidad, mantenido durante casi todo el período estudiado, no ha contrarrestado el incremento neto en la tasa de mortalidad poblacional. Lógicamente, cuando se controlan los otros tres componentes que influyen sobre la mortalidad en los análisis multivariados, la asociación de esta variable con la accidentabilidad se hace, como era de esperar, positiva: a mayor accidentabilidad, mayor mortalidad. Sin embargo, los valores relativamente bajos de los coeficientes de correlación parcial sugieren que, en relación con los otros tres componentes, la accidentabilidad parece desempeñar un papel relativamente menor sobre la mortalidad. En este sentido, nuestros resultados apoyarían indirectamente la observación hecha por Plasència²², en relación con las orientaciones prioritarias de las políticas de prevención de los AT: *es deseable que haya menos AT, pero es imperativo que los AT que se produzcan sean menos graves*.

En tercer lugar, la letalidad presenta un efecto sobre la mortalidad muy superior en zona urbana, donde es el componente más fuertemente asociado con ella, que en carretera. La letalidad de los AT en zona urbana está estrechamente asociada al atropello de peatones. En zona urbana se concentra el 84,5% de los peatones involucrados en un AT¹ y su tasa de letalidad en esta zona se sitúa próxima al 3%²⁴. Es lógico pensar que la variabilidad en la letalidad de los peatones en zona urbana esté sobre todo relacionada con la velocidad a la que se producen los atropellos. Así, de nuevo aparece la velocidad de circulación como uno de los factores a tener en cuenta a la hora de reducir la mortalidad por AT, en este caso en zona urbana, y no tanto por su relación con la accidentabilidad o la lesividad, sino esencialmente con la letalidad.

En resumen, y como conclusiones más relevantes de los resultados obtenidos en el presente estudio podemos señalar que en España el descenso en las tasas de mortalidad por AT se ha iniciado con retraso en relación con otros países europeos, debido probablemente a los aumentos de la exposición y la accidentabilidad, especialmente entre la población joven de sexo varón, ocurrido en nuestro país durante la década de los ochenta. Los descensos apreciados en los últimos años en la tasa de mortalidad poblacional por AT no deben enmascarar un hecho cierto: la tendencia natural de esta tasa es ascendente, y sólo un esfuerzo mantenido en las acciones tendentes a reducir la accidentabilidad, la lesividad y la letalidad podrán

contrarrestarla. Independientemente del efecto que la tasa de exposición ejerce sobre la mortalidad poblacional, la especial importancia observada para la tasa de lesividad y, específicamente en zona urbana, para la tasa de letalidad, sugieren que sería de gran interés promover medidas tendentes a reducir la magnitud de ambas. En relación con la primera, se podría considerar la reducción de la densidad de circulación, aumentando el número de kilómetros de vías por habitante, derivar el transporte colectivo a otros medios de locomoción, potenciando por ejemplo el tren como

medio de transporte colectivo alternativo al autobús y, muy especialmente, limitar la velocidad media de circulación de los vehículos. Para este último objetivo sería muy útil la implantación de limitadores de velocidad, ya que no parece lógico que muchos vehículos puedan superar hasta en un 100% la velocidad máxima permitida. Con respecto a la segunda, además de extremar las medidas de protección del peatón en el medio urbano, especialmente el de edad escolar, es igualmente prioritaria la reducción de la velocidad de circulación de los vehículos en ciudad.

Bibliografía

1. Dirección General de Tráfico. Anuario Estadístico General 1997 del Boletín Informativo de la DGT [<http://www.dgt.es/boletin/boletin97.html>]. Madrid: Dirección General de Tráfico; 1998.
2. Instituto Nacional de Estadística. Banco de datos TEMPUS [<http://www.ine.es/cgi/menu.pl>]
3. Martínez de Aragón MV, Llácer A. Mortalidad en España 1995 (I y II). Boletín Epidemiológico Semanal 1998;6:105-24.
4. Bangdiwala SI, Anzola-Pérez E, Glizer IM. Statistical considerations for the interpretation of commonly utilized road traffic accident indicators. Implications for developing countries. *Accid Anal Prev* 1985;17:419-27.
5. Williams FLR, Lloyd OL, Dunbar JA. Deaths from road traffic accidents in Scotland 1979-1988. Does it matter where you live? *Public Health* 1991;105:319-26.
6. Baker SP, Whitfield RA, O'Neill B. Geographic variations in mortality from motor vehicle crashes. *N Engl J Med* 1987;316:1384-7.
7. Fridstrøm L, Ingebrigtsen S. An aggregate accident model based on pooled, regional, time-series data. *Accid Anal Prev* 1991;23:363-78.
8. Hakim S, Shefer D, Hakkert AS, Hocherman I. A critical review of macro models for road accidents. *Accid Anal Prev* 1991;23:379-400.
9. Van Beeck EF, Mackenbach JP, Looman CWN, Kunst AE. Determinants of traffic accident mortality in the Netherlands: A geographical analysis. *Int J Epidemiol* 1991;20:698-706.
10. Van Beeck EF, Mackenbach JP, van Oortmarssen GJ, Barendregt JJM, Habbema JDF, van der Maas PJ. Scenarios for the future development of accident mortality in the Netherlands. *Health Policy* 1989;11:1-17.
11. Morgenstern H. Ecologic studies in epidemiology: Concepts, principles and methods. *Annu Rev Public Health* 1995;16:61-81.
12. Dirección General de Tráfico. Madrid: Boletines informativos de accidentes (varios años).
13. Instituto Nacional de Estadística; Madrid. Censos de Población Española (varios años).
14. Clayton D, Hills M. *Statistical Models in Epidemiology*. Oxford: Oxford University Press; 1993.
15. SPSS Inc. Guía del usuario del Sistema base de SPSS 7.5 para Windows. Chicago: SPSS Inc; 1997.
16. StataCorp. *Stata Statistical Software: Release 5.0*. College Station, TX: Stata Corporation; 1997.
17. Plasència A, Orós M, Diego J. Estadísticas de mortalidad por accidente de tráfico. *Med Clin (Barc)* 1994;103:159.
18. Accidentabilidad, morbilidad y mortalidad por accidentes de tráfico en la Comunidad Valenciana y en España (1950-1986). Valencia: (Generalitat Valenciana. Conselleria de Sanidad y Consumo); 1989.
19. Bull JP. Data sources for accident modelling. *Accid Anal Prev* 1986;18:79-83.
20. Söderlund N, Zwi AB. Traffic related mortality in industrialized and less developed countries. *Bull World Health Org* 1995;73:175-82.
21. Lamm R, Choueiri EM, Kloeckner JH. Accidents in the U.S. and Europe: 1970-1980. *Accid Anal Prev* 1985;17:429-38.
22. Plasència A. Accidentes de tráfico en España: A grandes males ¿pequeños remedios?. *Quadern CAPS*, 1992;17:9-33.
23. Giné JM. Mortalidad por accidentes de tráfico en Cataluña y otras Comunidades Autónomas (1983-1990). *Gac Sanit* 1992;6:164-9.
24. Sanz Ortiz C, Pérez de la Paz J. Mortalidad por accidentes de tráfico en España 1962-1992 (I y II). *Boletín Epidemiológico Semanal* 1996;4:289-312.
25. Giné JM, Maguire AR, Ramis-Juan O. Fatal road accidents in Catalonia. *Lancet* 1991;338:122-3.
26. Montellà N, Borrell C, Brugal MT, Plasència A. Evolución de la mortalidad en los jóvenes de la ciudad de Barcelona: 1983-1993. *Med Clin (Barc)* 1997;108:241-7.22.
27. Institut Català de Seguretat Viària. *Beure, viure i convida*. Barcelona: Generalitat de Catalunya; 1994.
28. Ledru M. La publicidad comercial y la seguridad vial. Seminario Internacional: El joven conductor y el entorno social. Madrid, Dirección General de Tráfico, 25 a 27 de octubre de 1995.
29. Oppe S. Macroscopic models for traffic and traffic safety. *Accid Anal Prev* 1989;21:225-32.