

Efecto de las circunstancias ambientales sobre el riesgo de defunción de los conductores de vehículos de dos ruedas de motor implicados en accidentes de tráfico

Carolina Donate-López^a / Elena Espigares-Rodríguez^a / José Juan Jiménez-Moleón^a / Juan de Dios Luna del Castillo^b / Aurora Bueno-Cavanillas^a / Pablo Lardelli-Claret^a

^aDepartamento de Medicina Preventiva y Salud Pública, Universidad de Granada, España; ^bDepartamento de Estadística e Investigación Operativa, Universidad de Granada, España.

(Effect of environmental factors on the risk of death for drivers of two-wheeled motorized vehicles involved in road crashes)

Resumen

Objetivos: Valorar el efecto de las circunstancias ambientales sobre el riesgo de muerte de los conductores de vehículos de dos ruedas de motor (VDRM) tras un accidente de tráfico.

Métodos: Se ha estudiado la serie de casos formada por los 309.626 conductores de VDRM implicados en accidentes de tráfico con víctimas en España, entre 1993 y 2002, recogidos por la Dirección General de Tráfico. La variable dependiente ha sido la defunción del conductor. Como variables ambientales se han considerado factores temporales (año, mes, día y hora) y espaciales (zona del accidente, iluminación, entre otros). También se han recogido potenciales factores de confusión dependientes del conductor (edad, sexo, uso de casco), del vehículo y el tipo de accidente. Se han obtenido, mediante modelos de regresión de Poisson, riesgos relativos crudos y ajustados para cada categoría ambiental.

Resultados: Para la mayoría de las variables temporales, no hay asociación con el riesgo de defunción en el análisis ajustado, a excepción de un mayor riesgo para la conducción de madrugada. El riesgo aumenta fuertemente en carretera (especialmente autopistas y autovías) con respecto a las zonas urbanas, para las que hay una clara relación dosis-respuesta entre un menor tamaño del municipio y una mayor letalidad.

Conclusiones: Tras ajustar por los factores de riesgo dependientes del conductor, el efecto de los factores ambientales sobre el riesgo de muerte del conductor de un VDRM tras el accidente se circunscribe a la zona donde se produce el accidente y, en menor medida, a la hora en que ocurre.

Palabras clave: Accidentes de tránsito. Motocicletas. Muerte. Factores de riesgo. Ambiente.

Abstract

Objectives: To assess the effect of environmental factors on the risk of death for drivers of two-wheeled motorized vehicles (TWMV) after a crash.

Methods: We studied a case series comprising all 309,626 drivers of TWMV involved in road crashes with victims compiled by the Spanish Department of Transportation from 1993 to 2002. The dependent variable was death of the driver. Environmental factors included temporal variables (year, month, day and hour of the crash) and spatial variables (area where the accident took place and light conditions, among others). Confounding variables related to the driver (age, sex, helmet use), the vehicle, and the type of crash were also recorded. Poisson regression models were constructed to obtain crude and adjusted relative risks for each environmental condition.

Results: In the adjusted analysis, no association was found between most time-related factors and the risk of death, with the exception of an increased risk in the early hours of the morning. The risk of death was much greater for crashes on open roads (especially highways and motorways) than in urban areas, where the risk of death increased as the size of the town decreased.

Conclusions: After adjustment for several confounders, the only environmental factors related to the risk of death in TWMV drivers after a crash were the area when the crash occurred, and (more weakly) the time of day when it occurred.

Key words: Traffic accidents. Motorcycles. Death. Risk factors. Environment.

Correspondencia: Pablo Lardelli Claret.
Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública.
Facultad de Farmacia.
Campus de Cartuja, s/n. 18071 Granada. España.
Correo electrónico: lardelli@ugr.es

Recibido: 17 de marzo de 2006.

Aceptado: 4 de septiembre de 2006.

Introducción

Los accidentes de tráfico (AT) de vehículos de dos ruedas de motor (VDRM) suponen un problema de salud creciente a nivel mundial¹, particularmente en los países del tercer mundo^{2,3}. No obstante, en los países desarrollados también representan una

importante amenaza para la salud, especialmente entre los adolescentes y adultos jóvenes⁴. En España, por ejemplo, estos accidentes fueron responsables de 761 defunciones y 31.734 lesionados en 2004 (el 16 y el 23% sobre el total de fallecidos y lesionados por AT en ese año, respectivamente)⁵.

Es conocida la elevada mortalidad por AT asociada a la conducción de VDRM. Por ejemplo, se ha estimado que en Europa el riesgo de fallecer en AT por kilómetro recorrido es hasta 20 veces superior para quienes circulan en motocicleta que para los que lo hacen en un turismo⁶. Esta importante mortalidad es consecuencia del efecto conjunto de dos factores: la accidentalidad de los VDRM (número de accidentes por distancia recorrida), superior para este tipo de vehículos con respecto a los de 4 o más ruedas⁷⁻¹⁰ y la letalidad de las víctimas del accidente, una vez producido éste. Son escasos los estudios que han tratado de deslindar el efecto que, sobre cada uno de estos dos componentes, ejercen los diversos factores de riesgo dependientes del individuo, el vehículo y el ambiente. En relación con este último grupo de factores, no conocemos la existencia de estudios en nuestro país que hayan identificado su efecto específico sobre la gravedad de los accidentes de VDRM.

Por otra parte, para analizar correctamente el efecto de las circunstancias ambientales sobre la letalidad de las víctimas implicadas en un AT, es necesario tener en cuenta el más que probable efecto confusor que pueden introducir, entre otros, los factores dependientes del propio conductor. Así, por ejemplo, podría ocurrir que la conducción nocturna se asociara a una mayor letalidad simplemente por su asociación con otros factores que influyen en la gravedad del AT, como el exceso de velocidad o el no uso de casco.

El objetivo del presente estudio es analizar el efecto de los factores ambientales sobre el riesgo de muerte de los conductores de VDRM implicados en AT en España, entre 1993 y 2002, controlando el posible efecto confusor de los factores dependientes del conductor, el tipo de vehículo y las características del accidente.

Métodos

Se ha analizado retrospectivamente la serie de casos constituida por los 311.606 conductores de VDRM implicados en accidentes de tráfico con víctimas, incluidos en el registro de accidentes de tráfico con víctimas de la Dirección General de Tráfico (DGT), ocurridos en España entre 1993 y 2002. Las características de este registro han sido descritas previamente¹¹. Tras excluir a los 1.980 conductores (el 0,64% del total) cuya lesividad era desconocida, la muestra final del estudio quedó constituida por 309.626 conductores.

A partir de la información contenida en el citado registro, se diseñaron las siguientes variables del estudio: como variable dependiente se consideró la defunción o no del conductor en las primeras 24 h tras el accidente; las variables ambientales analizadas fueron el año, el mes, el día de la semana, el tipo de día (laborable, anterior a festivo, festivo y posterior a festivo), la hora del día, la zona (urbana con más de 100.000 habitantes, urbana de 50.000-100.000, urbana de 5.000-50.000, urbana de menos de 5.000, carretera convencional y autopista-autovía), densidad del tráfico (fluida, densa-congestionada), luminosidad (diurna, crepúsculo, nocturna con buena iluminación, nocturna con iluminación insuficiente o nocturna con mala iluminación), visibilidad (buena o restringida), estado de la superficie (normal o alterada) y condiciones meteorológicas (buen tiempo o condiciones adversas). Como posibles factores de confusión se consideraron el tipo de accidente (colisión frontolateral, frontal, lateral, por alcance, vuelco, colisión con vehículo parado u otro obstáculo, atropello, otros), el tipo de vehículo (ciclomotor o motocicleta) y diversos factores dependientes del conductor (edad, sexo, uso de casco, tenencia de permiso de conducir, nacionalidad, defecto físico previo, conducción bajo los efectos del alcohol u otras circunstancias psicofísicas anómalas, horas de conducción continuada, comisión de infracciones sobre la velocidad, comisión de otras infracciones, acción del conductor).

Análisis

Se han aplicado modelos de regresión de Poisson¹², tomando como variable dependiente la defunción del conductor, para obtener los riesgos relativos (RR) y sus intervalos de confianza (IC) del 95%, asociados a cada categoría de las variables incluidas en el modelo. En un primer paso se realizaron análisis crudos para cada uno de los factores ambientales considerados. Seguidamente, se construyó un modelo que incluyó todos los factores ambientales. En un último paso, a las variables ambientales se les añadieron los restantes factores dependientes del conductor, el tipo de vehículo y el tipo de accidente, para obtener estimaciones de RR ajustadas simultáneamente por todos ellos. Todos los análisis se realizaron con el paquete estadístico Stata (versión 8.0)¹³.

Resultados

Durante el período de estudio se han registrado 6.166 defunciones entre conductores de VDRM (letalidad del 1,99%). Las tablas 1 y 2 presentan, respectivamente, para las variables temporales y las restantes variables ambientales, la distribución de los conductores, la proporción de defunciones y las 3 es-

Tabla 1. Análisis de las variables temporales. Distribución de los conductores de VDRM accidentados, proporciones de letalidad y riesgos relativos crudos y ajustados para cada categoría

Variable	Distribución por categorías		Proporción de letalidad (%) ^b	Estimaciones de RR					
				Crudos		Ajustados por factores ambientales ^c		Ajustados por todos los factores ^d	
				RR	IC del 95%	RR	IC del 95%	RR	IC del 95%
Año	n	%^a							
1993	26.791	8,65	2,54	1 (referencia)		1 (referencia)		1 (referencia)	
1994	25.808	8,34	2,38	0,94	0,84-1,05	0,94	0,84-1,05	1,02	0,92-1,14
1995	27.808	8,98	2,20	0,87	0,78-0,97	0,89	0,80-0,99	0,99	0,89-1,11
1996	28.376	9,16	2,14	0,84	0,75-0,94	0,88	0,79-0,98	1,00	0,90-1,12
1997	30.629	9,89	2,02	0,80	0,71-0,89	0,86	0,78-0,96	1,03	0,92-1,15
1998	35.367	11,42	1,73	0,68	0,61-0,76	0,72	0,64-0,80	0,90	0,81-1,01
1999	36.016	11,63	1,78	0,70	0,63-0,78	0,74	0,66-0,82	0,91	0,82-1,02
2000	33.704	10,89	1,77	0,70	0,63-0,78	0,74	0,66-0,83	0,93	0,83-1,03
2001	34.208	11,05	1,79	0,70	0,63-0,79	0,77	0,69-0,86	0,99	0,89-1,11
2002	30.919	9,99	1,85	0,73	0,65-0,81	0,78	0,70-0,88	0,97	0,86-1,08
Mes									
Enero	21.691	7,01	1,76	1 (referencia)		1 (referencia)		1 (referencia)	
Febrero	22.715	7,34	1,65	0,94	0,81-1,08	0,92	0,80-1,06	0,89	0,77-1,03
Marzo	26.343	8,51	1,86	1,06	0,93-1,21	0,99	0,86-1,13	0,95	0,83-1,09
Abril	24.533	7,92	1,96	1,12	0,98-1,28	1,01	0,88-1,15	1,00	0,87-1,14
Mayo	27.636	8,93	2,04	1,16	1,02-1,32	1,01	0,89-1,16	0,93	0,82-1,07
Junio	30.057	9,71	1,96	1,12	0,98-1,27	0,97	0,85-1,11	0,93	0,82-1,07
Julio	31.968	10,32	2,23	1,27	1,12-1,44	0,97	0,85-1,10	0,94	0,83-1,07
Agosto	26.947	8,70	2,40	1,37	1,21-1,55	0,90	0,80-1,03	0,91	0,80-1,04
Septiembre	26.081	8,42	2,21	1,26	1,11-1,43	1,02	0,89-1,16	1,01	0,89-1,15
Octubre	27.298	8,82	1,95	1,11	0,97-1,27	0,98	0,86-1,12	0,99	0,87-1,13
Noviembre	23.800	7,69	1,86	1,06	0,92-1,22	1,01	0,88-1,16	1,06	0,92-1,21
Diciembre	20.557	6,64	1,81	1,03	0,89-1,19	0,96	0,84-1,11	1,00	0,86-1,15
Día de la semana									
Lunes	43.253	13,97	1,63	1 (referencia)		1 (referencia)		1 (referencia)	
Martes	43.766	14,14	1,47	0,90	0,81-1,00	0,97	0,84-1,11	0,96	0,83-1,10
Miércoles	44.250	14,29	1,43	0,88	0,79-0,98	0,94	0,81-1,08	0,93	0,81-1,08
Jueves	45.031	14,54	1,56	0,96	0,86-1,06	1,00	0,87-1,15	0,98	0,86-1,13
Viernes	50.994	16,47	1,69	1,04	0,94-1,14	1,01	0,88-1,16	0,98	0,86-1,12
Sábado	44.256	14,29	2,95	1,80	1,64-1,98	1,10	0,92-1,31	0,99	0,83-1,19
Domingo	38.076	12,30	3,44	2,10	1,92-2,30	1,05	0,89-1,25	1,05	0,88-1,25

Ver nota al final de la tabla.

(Continúa)

timaciones de RR obtenidas para cada categoría. En relación con las variables temporales, puede comprobarse que la letalidad es mayor en la primera mitad del período estudiado (con una tendencia al descenso entre 1993 y 1998), entre julio y septiembre, en sábados, domingos y, consecuentemente, en días festivos y anteriores a festivos, y entre las 0 y las 7 horas del día. Con respecto a las restantes variables analizadas, la letalidad es particularmente elevada en autopistas-autovías, seguida por la que se registra en carreteras convencionales, y en zonas urbanas de núcleos de población inferiores a 5.000 habitantes. Tam-

bién es mayor en condiciones de circulación fluida, bajo circunstancias meteorológicas adversas, con visibilidad restringida, durante el crepúsculo y por la noche con insuficiente o nula iluminación. Las únicas variables para las que, tras aplicar el test de la χ^2 , no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,001$) en la distribución de las proporciones de letalidad por categorías fueron el estado de la superficie ($p = 0,782$) y las condiciones meteorológicas ($p = 0,053$).

Con respecto a los RR obtenidos a partir de los modelos de regresión de Poisson, las estimaciones cru-

Tabla 1. Análisis de las variables temporales. Distribución de los conductores de VDRM accidentados, proporciones de letalidad y riesgos relativos crudos y ajustados para cada categoría (Continuación)

Variable	Distribución por categorías		Proporción de letalidad (%) ^b	Estimaciones de RR					
				Crudos		Ajustados por factores ambientales ^c		Ajustados por todos los factores ^d	
				n	% ^a	RR	IC del 95%	RR	IC del 95%
Tipo de día									
Laborable	189.280	61,13	1,50	1 (referencia)		1 (referencia)		1 (referencia)	
Anterior a festivo	43.253	13,97	2,97	1,98	1,85-2,11	1,14	0,99-1,33	1,07	0,92-1,24
Festivo	45.245	14,61	3,34	2,23	2,09-2,37	1,16	1,01-1,33	0,99	0,86-1,14
Posterior a festivo	31.848	10,29	1,66	1,11	1,01-1,22	1,02	0,89-1,17	0,96	0,83-1,10
Hora del día									
0	6.257	2,02	2,68	1,54	1,28-1,84	1,44	1,18-1,74	1,32	1,08-1,60
1	7.112	2,30	3,19	1,83	1,55-2,15	1,62	1,35-1,93	1,49	1,25-1,79
2	4.638	1,50	3,04	1,74	1,44-2,11	1,37	1,11-1,68	1,16	0,94-1,42
3	4.011	1,30	4,51	2,58	2,17-3,08	1,93	1,60-2,34	1,60	1,32-1,95
4	3.305	1,07	5,42	3,10	2,60-3,70	2,22	1,83-2,69	1,85	1,52-2,24
5	3.114	1,01	4,66	2,66	2,20-3,22	1,90	1,55-2,32	1,55	1,26-1,90
6	3.451	1,11	5,68	3,25	2,74-3,86	2,47	2,06-2,97	2,04	1,70-2,46
7	5.244	1,69	3,34	1,91	1,60-2,28	1,70	1,42-2,03	1,65	1,37-1,97
8	10.522	3,40	1,74	1,00	0,84-1,19	1,15	0,97-1,38	1,27	1,06-1,51
9	11.380	3,68	1,42	0,81	0,68-0,98	1,16	0,96-1,40	1,19	0,99-1,43
10	10.574	3,42	1,76	1,01	0,85-1,20	1,26	1,05-1,51	1,17	0,98-1,40
11	12.516	4,04	1,65	0,94	0,80-1,11	1,11	0,93-1,31	1,07	0,90-1,28
12	15.794	5,10	1,61	0,92	0,79-1,08	1,04	0,88-1,22	1,00	0,85-1,17
13	20.151	6,51	1,66	0,95	0,82-1,10	1,09	0,94-1,27	1,09	0,94-1,27
14	23.201	7,49	1,47	0,84	0,73-0,97	1,08	0,93-1,25	1,09	0,94-1,27
15	18.313	5,91	1,67	0,96	0,82-1,11	1,19	1,02-1,39	1,19	1,02-1,39
16	16.569	5,35	1,86	1,06	0,92-1,23	1,21	1,04-1,41	1,19	1,02-1,39
17	18.591	6,00	2,02	1,15	1,00-1,33	1,21	1,05-1,40	1,16	1,01-1,35
18	20.330	6,57	1,94	1,11	0,97-1,28	1,13	0,98-1,30	1,09	0,95-1,25
19	22.715	7,34	1,75	1 (referencia)		1 (referencia)		1 (referencia)	
20	22.602	7,30	1,73	0,99	0,86-1,14	1,03	0,89-1,19	1,05	0,91-1,21
21	19.147	6,18	1,83	1,05	0,91-1,21	1,13	0,97-1,32	1,16	1,00-1,34
22	17.151	5,54	1,77	1,01	0,87-1,18	1,08	0,92-1,27	1,09	0,92-1,28
23	12.938	4,18	1,99	1,14	0,98-1,33	1,22	1,03-1,45	1,21	1,02-1,44

^aPorcentajes referidos a los 309.626 conductores. ^bProporción de defunciones entre los conductores incluidos en cada categoría de la variable ambiental considerada. ^cEn el modelo se han incluido todas las variables ambientales. ^dEn el modelo se han incluido todas las variables ambientales junto con las siguientes: edad, sexo, uso de casco, nacionalidad, tenencia de licencia, defecto físico previo, consumo de alcohol u otras circunstancias psicofísicas anómalas, horas de conducción continuada, infracciones sobre la velocidad, otras infracciones, tipo de VDRM, acción del conductor, tipo de accidente.

IC: intervalo de confianza; RR: riesgo relativo; VDRM: vehículos de dos ruedas de motor.

das reproducen, lógicamente, el patrón de asociaciones descrito en el párrafo anterior. Cuando se consideran conjuntamente todos los factores ambientales, las estimaciones de RR ajustadas tienden a arrojar valores más próximos al nulo, es decir, a mostrar asociaciones más débiles. Ello hace que se pierda el efecto del mes y el día de la semana sobre el riesgo de muerte, así como el de las condiciones meteorológicas adversas y la iluminación crepuscular. Por el contrario, se observa ahora un discreto menor riesgo de muerte para la conducción sobre superficie alterada. Finalmente, cuando se ajusta simultáneamente por todos

los factores, incluidos los dependientes del conductor, el vehículo y el tipo de accidente, la magnitud de las asociaciones anteriores tiende a atenuarse aún más y desaparece el efecto del año, el tipo de día, la densidad de circulación y la visibilidad restringida. La principal asociación que se mantiene es la que depende de la zona donde ocurre el accidente: se puede apreciar un gradiente dosis-respuesta desde las zonas urbanas de mayor tamaño (tomada como categoría de referencia) hasta las de menor población (RR = 3,19 para las de menos de 5.000 habitantes), y a partir de aquí, un mayor riesgo de muerte para el accidente en

Tabla 2. Análisis del resto de variables ambientales. Distribución de los conductores de VDRM accidentados, proporciones de letalidad y riesgos relativos crudos y ajustados para cada categoría

Variable	Distribución por categorías		Proporción de letalidad (%) ^b	Estimaciones de RR						
				Crudos		Ajustados por factores ambientales ^c		Ajustados por todos los factores ^d		
				n	% ^a	RR	IC del 95%	RR	IC del 95%	RR
Zona										
Urbana (habitantes)										
> 100.000	175.926	56,82	0,58	1 (referencia)		1 (referencia)		1 (referencia)		
50.000-100.000	24.331	7,86	0,94	1,63	1,41-1,88	1,58	1,37-1,82	1,30	1,12-1,50	
5.000-50.000	33.905	10,95	1,26	2,18	1,95-2,44	2,06	1,83-2,30	1,57	1,39-1,76	
< 5.000	5.294	1,71	3,70	6,40	5,50-7,46	5,89	5,04-6,87	3,19	2,72-3,74	
Carretera										
convencional	63.703	20,57	5,99	10,36	9,66-11,10	9,06	8,39-9,78	4,19	3,84-4,56	
Autopista-autovía	6.467	2,09	7,47	12,92	11,59-14,40	11,80	10,56-13,19	5,67	5,03-6,39	
Densidad del tráfico										
Fluida	287.312	92,79	2,04	1 (referencia)		1 (referencia)		1 (referencia)		
Densa o congestionada	22.314	7,21	1,38	0,68	0,60-0,76	0,77	0,68-0,86	0,93	0,83-1,05	
Superficie										
Normal	282.114	91,11	1,99	1 (referencia)		1 (referencia)		1 (referencia)		
Alterada	27.512	8,89	2,01	1,01	0,93-1,10	0,83	0,74-0,93	0,88	0,78-0,98	
Condiciones meteorológicas										
Buen tiempo	287.611	92,89	1,98	1 (referencia)		1 (referencia)		1 (referencia)		
Condiciones adversas	22.015	7,11	2,17	1,10	1,00-1,20	1,06	0,94-1,21	1,05	0,93-1,19	
Visibilidad										
Buena	261.628	84,50	1,74	1 (referencia)		1 (referencia)		1 (referencia)		
Restringida	47.998	15,50	3,39	1,95	1,84-2,06	1,32	1,25-1,40	0,99	0,93-1,05	
Iluminación										
Diurna	201.980	65,23	1,73	1 (referencia)		1 (referencia)		1 (referencia)		
Crepúsculo	11.270	3,64	2,45	1,42	1,25-1,60	1,08	0,94-1,24	1,12	0,98-1,29	
Noche, buena iluminación	73.927	23,88	1,29	0,75	0,70-0,80	1,16	1,02-1,30	1,23	1,08-1,39	
Noche, iluminación insuficiente	8.757	2,83	3,79	2,19	1,96-2,45	1,11	0,96-1,28	1,28	1,10-1,48	
Noche, sin iluminación	13.692	4,42	8,09	4,68	4,37-5,01	1,34	1,19-1,51	1,46	1,29-1,65	

^aPorcentajes referidos a los 309.626 conductores. ^bProporción de defunciones entre los conductores incluidos en cada categoría de la variable ambiental considerada.

^cEn el modelo se han incluido todas las variables ambientales. ^dEn el modelo se han incluido todas las variables ambientales junto con las siguientes: edad, sexo, uso de casco, nacionalidad, tenencia de licencia, defecto físico previo, consumo de alcohol u otras circunstancias psicofísicas anómalas, horas de conducción continuada, infracciones sobre la velocidad, otras infracciones, tipo de VDRM, acción del conductor, tipo de accidente.

IC: intervalo de confianza; RR: riesgo relativo; VDRM: vehículos de dos ruedas de motor.

carretera (RR = 4,19), que se hace máximo en autopistas y autovías (RR= 5,67). De las restantes variables, se sigue apreciando un mayor riesgo para la conducción entre las 0 y las 7 h, con un pico a las 6 h (RR = 2,04). En consonancia con ello, el riesgo de muerte se mantiene discretamente aumentado de noche, especialmente sin iluminación. Por último, la superficie alterada sigue manteniendo una ligera asociación protectora sobre la letalidad.

Discusión

Tras ajustar por los factores de riesgo dependientes del conductor, el tipo de vehículo y el tipo de accidente, el efecto de los factores ambientales sobre el riesgo de muerte de un conductor de VDRM tras tener un AT parece circunscribirse esencialmente al lugar del accidente y la hora a la que éste ocurre. Los mayores ries-

gos se dan en la conducción por carretera, especialmente autopistas o autovías y, dentro de las zonas urbanas, el riesgo decrece conforme aumenta el tamaño de la población. En cuanto a la hora del día, hay un significativo incremento del riesgo en la conducción de madrugada. El presente estudio no permite explicar las razones que justifican estas diferencias, si bien es posible plantear algunas hipótesis al respecto.

Aunque, indudablemente, el ambiente físico puede influir antes del accidente, modificando el riesgo de que éste se produzca, en el presente estudio valoramos específicamente su efecto como modulador de la gravedad del accidente, desde el momento en que éste ocurre. Este efecto puede tener lugar en el mismo instante en que se produce la colisión (en relación con la cantidad de energía liberada y/o transferida a los sujetos implicados en el AT), o bien una vez que esta colisión ya ha tenido lugar (modificando el pronóstico de las lesiones en los sujetos ya accidentados)¹⁴. En relación con la primera posibilidad, es evidente que el principal factor implicado es la velocidad a la que se produce la colisión. A pesar de que en el último modelo ajustado este factor se ha controlado parcialmente a través de la variable «comisión de infracciones sobre la velocidad», es evidente que una buena parte del exceso de riesgo asociado tanto a la conducción en carreteras, autopistas y autovías, como el que se relaciona con la conducción nocturna, debe ser, una vez controladas las restantes variables dependientes del conductor y del tipo de accidente, el reflejo de una conducción a mayor velocidad. En consonancia con esta hipótesis, Singleton et al¹⁵ han observado que la gravedad del accidente aumenta en las zonas donde el límite de velocidad es mayor.

Por otra parte, es posible que el ambiente físico influya, indirectamente, en el pronóstico de las lesiones de los sujetos accidentados, siempre que se relacione con la rapidez y la calidad de la atención sanitaria que se les dispensa. Tal como han sugerido otros autores^{16,17}, este fenómeno puede ser parcialmente responsable del gradiente dosis-respuesta observado en nuestro estudio entre el tamaño del municipio donde ocurre el accidente y el menor riesgo de muerte tras él. Indudablemente, la rapidez y la facilidad de evacuación a centros especializados de atención sanitaria, un factor clásicamente asociado al pronóstico de las víctimas¹⁸, es menor en carretera y en núcleos rurales que en las grandes áreas urbanas. En consonancia con nuestros resultados, diversos estudios han observado, a partir de abordajes metodológicos muy diferentes, un menor volumen de defunciones y una menor letalidad por AT en núcleos urbanos y zonas de alta densidad de población, en relación con las áreas rurales^{16,17,19-21}, incluso tras ajustar sus estimaciones por la edad de las víctimas y la velocidad a la que se produce el accidente¹⁶. Por otra parte, también cabría plantearse una posible menor rapidez en la provisión de atención sanitaria especializada cuan-

do el accidente ocurre de madrugada. En relación con esta hipótesis, Lee y Fazio²² han comprobado que en el crepúsculo y de noche el tiempo de respuesta tras un accidente es mayor que con luz diurna.

Al margen de las hipótesis sugeridas en los párrafos anteriores, no se puede descartar el efecto de otros factores, no adecuadamente recogidos en el presente estudio, que podrían explicar las diferencias observadas. Por ejemplo, con respecto al empleo de casco, si bien este posible factor de confusión está incluido en el análisis ajustado, no se dispone de información sobre el tipo de casco o la adecuación de su uso, que podría ser diferente según la zona considerada.

Como cabía esperar, el efecto de otros clásicos factores ambientales asociados inicialmente a una mayor letalidad desaparece cuando se controla el efecto de los restantes factores ambientales, junto con el de otros factores dependientes del conductor: tal es el caso del mes del año o del día de la semana, probablemente asociados a una mayor frecuencia de conducción nocturna por parte de conductores de mayor riesgo (p. ej., desprovistos de casco y que circulan a mayor velocidad). En este sentido, y considerando de nuevo el posible efecto de los factores ambientales asociados a la calidad de la atención sanitaria dispensada a las víctimas, quizá hubiera sido esperable hallar en el análisis ajustado una progresiva reducción del riesgo de muerte asociada al año del accidente. El hecho de no haber constatado dicha tendencia sugiere que, o bien no ha mejorado sensiblemente la calidad de la atención sanitaria a las víctimas, o bien dicha mejoría ha sido compensada por un incremento de la gravedad intrínseca de los accidentes de VDRM con el tiempo.

Es difícil comparar directamente nuestras estimaciones con las obtenidas en estudios previos, ya que, como se ha comentado en la introducción, son muy escasos (no hemos hallado ninguno en España) los estudios que analizan específicamente el efecto de los factores ambientales sobre la letalidad en conductores de VDRM víctimas de un AT. En Hong Kong, Yau²³ encuentra una mayor gravedad en los accidentes simples de motocicletas que ocurren durante el fin de semana y entre las 20.00 y las 24.00 h, lo que este autor interpreta como el reflejo de una conducción de mayor riesgo. En relación con el efecto de los factores ambientales sobre la gravedad de otros tipos de AT, y al margen del ya comentado menor riesgo asociado al medio urbano, los hallazgos de estudios previos son bastante consistentes con los descritos en el nuestro; por ejemplo, respecto al exceso de riesgo asociado a la conducción nocturna^{21,23,24} y en autopistas-autovías²¹.

El presente estudio presenta las limitaciones metodológicas características de todos los diseños basados en el análisis de registros de accidentes de tráfico recogidos por la policía^{25,26}: fundamentalmente, un posible sesgo de selección asociado al no registro de los acci-

dentes sin víctimas y al subregistro de los accidentes menos graves, así como el de los ocurridos en una zona urbana (donde tienen lugar la gran mayoría de accidentes de VDRM). Si dentro de los accidentes de VDRM que ocurren en zonas urbanas la subnotificación de los accidentes menos graves fuera mayor en los núcleos más pequeños, se podría explicar parte del gradiente dosis-respuesta observado entre el tamaño del municipio y el riesgo de muerte. A todo lo anterior hay que añadir los sesgos de clasificación asociados, por una parte, al hecho de que sólo se registran como defunciones las que ocurren en las primeras 24 h tras el accidente, y, por otra, al deficiente registro de algunas de las variables de estudio, si bien en el caso de los factores ambientales esta posible fuente de error parece menos importante.

En conclusión, el presente estudio refleja que la zona donde ocurre el accidente del VDRM y, en menor medida, la hora a la que éste tiene lugar, son las 2 variables más estrechamente asociadas a la letalidad de los conductores implicados en este tipo de AT. Como posibles explicaciones a ambas asociaciones cabe plantearse, entre otras, el efecto de la distinta velocidad a la que ocurre el accidente bajo cada una de estas circunstancias ambientales y, probablemente, también una diferente accesibilidad de las víctimas a la atención sanitaria especializada. Contrastar la veracidad de esta segunda hipótesis sería sumamente útil, de cara a lograr futuras reducciones de la mortalidad por AT en los ocupantes de VDRM.

Agradecimientos

Este estudio ha sido financiado por el FIS (proyecto 04/1562) y los Fondos FEDER.

Queremos expresar nuestro agradecimiento a la Dirección General de Tráfico, por facilitarnos el acceso al registro nacional de accidentes de tráfico con víctimas.

Bibliografía

1. WHO. Road traffic hazards: hidden epidemics. En: The World Health Report 2003: shaping the future. Genève: WHO; 2003. p. 106-11.
2. O'Neill B, Mohan D. Reducing motor vehicle crash deaths and injuries in newly motorising countries. *BMJ*. 2002;324:1142-5.
3. Mohan D. Road safety in less-motorized environments: future concerns. *Int J Epidemiol*. 2002;31:527-32.
4. Stefan C, Höglinger S, Machata K. Case study: motorcycle accidents. CARE Community Road Accident Database. European Union, 2003 [consultado 17/12/2003]. Disponible en: http://europa.eu.int/comm/transport/care/studies/doc/as-teryx/cs6_report.pdf
5. Dirección General del Tráfico. Las principales cifras de siniestralidad vial. España 2004 [consultado 1/2/2006]. Disponible en: http://www.dgt.es/dgt_informa/observatorio_seguridad_vial/cifras_seguridad_vial.htm
6. Racioppi F, Eriksson L, Tingvall C, Villaveces A. Preventing road traffic injury: a public health perspective for Europe. Roma: OMS; 2003.
7. Clarke DD, Ward P, Truman W, Bartle C. Motorcycle accidents: preliminary results of an in-depth case-study using police road-accident files. En: Behavioural research in road safety: thirteenth seminar proceedings. United Kingdom: Department of Transport [consultado 5/3/2004]. Disponible en: http://www.dft.gov.uk/stellent/groups/dft_rdsafety/documents/page/dft_rd-safety_024715.hcsp
8. Langley J, Mullin B, Jackson R, Norton R. Motorcycle engine size and risk of moderate to fatal injury from a motorcycle crash. *Accid Anal Prev*. 2000;32:659-63.
9. Quddus MA, Noland RB, Chor Chin H. An analysis of motorcycle injury and vehicle damage severity using ordered probit models. *J Safety Res*. 2002;33:445-62.
10. Horswill MS, Helman S. A behavioral comparison between motorcyclists and a matched group of nonmotorcycling car drivers: factors influencing accident risk. *Accid Anal Prev*. 2003; 35:589-97.
11. Lardelli-Claret P, Luna-del-Castillo JD, Jiménez-Moleón JJ, Rueda-Domínguez T, García-Martín M, Femía-Marzo P, et al. Association of main driver-dependent risk factors with the risk of causing a vehicle collision in Spain, 1990-1999. *Ann Epidemiol*. 2003;13:509-17.
12. Hardin J, Hilbe J. Generalized linear models and extensions. College Station: Stata Press; 2001.
13. Stata Corporation. Stata statistical software: release 8.0. College Station: Stata Corporation; 2003.
14. Haddon W. Advances in the epidemiology of injuries as a basis for public policy. *Public Health Rep*. 1980;95:411-21.
15. Singleton M, Qin H, Luan J. Factors associated with higher levels of injury severity on occupants of motor vehicles that were severely damaged in traffic crashes in Kentucky, 2000-2001. *Traffic Inj Prev*. 2004;5:144-50.
16. Clark DE. Effect of population density on mortality after motor vehicle collisions. *Accid Anal Prev*. 2003;35:965-71.
17. Zwerling C, Peek Asa C, Whitten PS, Choi SW, Sprince NL, Jones MP. Fatal motor vehicle crashes in rural and urban areas: decomposing rates into contributing factors. *Inj Prev*. 2005; 11:24-8.
18. Peden M, Scurfield R, Sleet D, Mohan D, Hyder AA, Jarawan E, et al. Informe mundial sobre prevención de los traumatismos causados por el tránsito. Publicación científica y técnica n.º 599. Washington: Organización Panamericana de la Salud; 2004.
19. Redondo-Calderón JL, Luna del Castillo JD, Jiménez-Moleón JJ, Lardelli-Claret P, Gálvez-Vargas R. Variabilidad geográfica de la gravedad de los accidentes de tráfico en España. *Gac Sanit*. 2000;14:16-22.
20. Noland RB, Quddus MA. A spatially disaggregate analysis of road casualties in England. *Accid Anal Prev*. 2004;36:973-84.
21. Jones AP, Jorgensen SH. The use of multilevel models for the prediction of road accident outcomes. *Accid Anal Prev*. 2003;35:59-69.
22. Lee JT, Fazio J. Influential factors in freeway crash response and clearance times by emergency management services in peak periods. *Traffic Inj Prev*. 2005;6:331-9.
23. Yau KKW. Risk factors affecting the severity of single vehicle traffic in Hong Kong. *Accid Anal Prev*. 2004;36:333-40.
24. Lam LT. Environmental factors associated with crash-related mortality and injury among taxi drivers in New South Wales, Australia. *Accid Anal Prev*. 2004;36:905-8.
25. Lardelli-Claret P, Jiménez-Moleón JJ, Luna-del-Castillo JD, García-Martín M, Bueno-Cavanillas A, Gálvez-Vargas R. Driver dependent factors and the risk of causing a collision for two wheeled motor vehicles. *Inj Prev*. 2005;11:225-31.
26. Hauer E. The frequency-severity indeterminacy. *Accid Anal Prev*. 2006;38:78-83.