

EFFECTOS A CORTO PLAZO DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA SOBRE LA MORTALIDAD. RESULTADOS DEL PROYECTO *EMECAM* EN VITORIA-GASTEIZ, 1990-94 *

María José Pérez Boillos (1), Andrés Alonso López (2) Juan José Estibalez González (1) y Miguel Ángel García Calabuig (3)

(1) Departamento Municipal de Salud y Consumo del Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz.

(2) Servicio de Medio Ambiente del Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz.

(3) Departamento de Sanidad del Gobierno Vasco.

(*) Este trabajo cuenta con una beca del Fondo de Investigaciones Sanitarias (Expediente núm 97/0051-10).

RESUMEN

Fundamento: El objetivo de este trabajo es evaluar la asociación a corto plazo entre los niveles de humos negros (HN) y dióxido de azufre (SO₂) y la mortalidad en Vitoria-Gasteiz para un período de cinco años, mediante la aplicación de la metodología de análisis estandarizada del proyecto *EMECAM*.

Métodos: Estudio ecológico de series temporales que trata de estimar la asociación entre las variaciones diarias de mortalidad (*mortalidad total en todas las edades y mortalidad total en mayores de 70 años*), y contaminación atmosférica (dióxido de azufre-SO₂ y humos negros), utilizando modelos de regresión de Poisson. Se siguió la metodología *EMECAM*.

Resultados: La mediana de muertes diarias fue de tres en el total de la población y de dos en ancianos. El nivel medio de humos negros fue 51,15 µg/m³ y el de SO₂ 18,04 µg/m³. Se encontró una asociación estadísticamente significativa entre humos negros y mortalidad en ancianos durante el semestre frío, con un RR de 1,014 (IC 95%: 1,002-1,026), correspondiente a un incremento de 10 µg/m³ del contaminante. Parecía detectarse un umbral en 80-90 µg/m³ de humos negros. La asociación con SO₂ no fue significativa.

Conclusiones: Los niveles de humos negros del período estudiado se asocian a un incremento en la mortalidad en ancianos, coincidiendo con el resultado de otros estudios.

Palabras clave: Mortalidad. Contaminación atmosférica. Series temporales. Proyecto *EMECAM*. Regresión de Poisson. Partículas. Humos negros. Dióxido de azufre. Contaminantes ambientales.

ABSTRACT

Short-term Effects of Air Pollution on the Mortality. Results of the *EMECAM* Project in the city of Vitoria-Gasteiz, 1990-1994

Background: The objective of this article is that of assessing the short-term relationship between the black smoke (SM) and SO₂ levels and the mortality in Vitoria-Gasteiz over a five-year period by means of employing the procedure for analysis standardized in the *EMECAM* Project.

Methods: Ecological time series study aimed at estimating the relationship between the daily fluctuations in the mortality (total mortality of all ages and total death rate for those over age 70) and air pollution (sulfur dioxide-SO₂ and black smoke), employing the Poisson regression models. The *EMECAM* methodology was followed.

Results: The median of daily deaths was three for the entire population and two for the elderly. The mean black smoke level was 51.15 µg/m³ and that of SO₂ 18.04 µg/m³. A statistically significant relationship was found to exist between black smoke and the mortality for the elderly through the cold half of the year, with an RR of 1.014 (CI_{95%}: 1.002-1.026), pertinent to a 10 µg/m³ rise in the pollutant. A threshold at 80-90 µg/m³ seemed to be detected for black smoke. The relationship with SO₂ was not significant.

Conclusions: The black smoke levels for the period studied are related to a rise in the mortality among the elderly, tallying with the results of other studies.

Key words: Mortality. Air pollution. Time series. *EMECAM* Project. Poisson regression. Particles. Black smoke. Sulfur dioxide. Environmental pollutants.

Correspondencia:

Andrés Alonso López

Servicio de Medio Ambiente

Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz

San Prudencio, 30

01005 Vitoria-Gasteiz

INTRODUCCIÓN

En Vitoria-Gasteiz no existen trabajos previos que hayan cuantificado el efecto de la contaminación atmosférica sobre la salud. La ciudad cuenta con datos de monitorización de dióxido de azufre (SO₂) y partículas en suspensión (humos negros) desde 1984 y no ha registrado episodios importantes de contaminación. Las principales fuentes de contaminación son el tráfico y la industria. Los niveles de humos negros detectados habitualmente son moderados y los de SO₂ bajos, inferiores a los registrados en la mayoría de las ciudades europeas participantes en otros estudios que han valorado la relación entre contaminación atmosférica y mortalidad¹⁻¹⁰.

El objetivo de este trabajo es evaluar la asociación a corto plazo entre los niveles de humos negros (HN) y SO₂ y la mortalidad en Vitoria-Gasteiz para un período de cinco años, mediante la aplicación de la metodología de análisis estandarizada del proyecto EMECAM^{11,12}.

MATERIAL Y METODO

Se realizó un estudio ecológico de series temporales que utilizó el día como unidad de análisis, y con él se pretende estimar la asociación entre las variaciones diarias de mortalidad y contaminación atmosférica mediante la construcción de diferentes modelos de regresión de Poisson. Tanto en la elección de las variables como en la construcción del modelo, se siguió el procedimiento EMECAM, ya presentado con detalle en otros artículos de este número^{11,12}.

Mortalidad

Como variables respuesta se utilizaron el número de defunciones diarias en todas las edades, por todas las causas excluyendo las externas (CIE-9 001-799) y el número de defunciones diarias por todas las causas, ex-

cluyendo las externas, en personas de 70 o más años. Los datos fueron facilitados por el EUSTAT (Instituto Vasco de Estadística) y el Departamento de Sanidad del Gobierno Vasco. Las series incluían las muertes de personas residentes en Vitoria-Gasteiz sucedidas desde el 1 de Enero de 1990 al 31 de Diciembre de 1994.

Contaminación

La información sobre la contaminación atmosférica se obtuvo de la Red de Vigilancia gestionada por el Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz. La ciudad cuenta con una red manual que mide los valores medios de 24 horas de SO₂ y humos negros. La toma de muestras de los equipos está situada aproximadamente a tres metros del suelo. Los datos son recogidos desde las 0 horas de un día hasta las 0 horas del día siguiente. La medición de las partículas en suspensión se realiza por el método del humo normalizado, con retención de las partículas en un filtro tipo Whatman n.º 1 y cuantificación mediante un método reflectométrico (reflectómetro EEL). Este método determina la intensidad de la neblina producida principalmente por partículas con un diámetro menor de 4 µm^{13,14}. La medición del SO₂ se realizó, en 1990 por el método colorimétrico de la Thorina y en el resto del período de estudio por la captación del contaminante con H₂O₂ al 0,3% y la determinación de la concentración de anión sulfato por cromatografía iónica con supresión química para SO₂. Antes de aceptar el cambio de técnica se realizó un estudio de fiabilidad entre ambos métodos, comprobándose que el índice de correlación era del 0,99 y que la diferencia de medias se situaba en torno a 1 µg/m³. Durante el período de estudio existían en la ciudad cuatro captadores manuales, situados en el área urbana, en áreas de tráfico medio e intenso. En el estudio sólo se incluyeron tres de ellos, ya que el cuarto, mostraba un porcentaje de valores válidos inferior al 75%; en los otros tres, este porcentaje estaba entre el 88,3-92,4%. La correlación entre la estación descartada y el res-

to era 0,7. Entre las estaciones elegidas el índice de correlación era del 0,57-0,59 para HN y 0,49 a 0,59 para SO₂.

Variables meteorológicas

Las variables utilizadas fueron la temperatura media (media de la temperatura mínima y máxima de cada día) y la humedad relativa diaria (media de la humedad a las 0, 7, 13 y 18 horas). Ambas variables se obtuvieron de la información recogida por el Instituto Nacional de Meteorología en la estación del Aeropuerto de Foronda, a 5 Km de la ciudad. Aunque existían otras estaciones dentro de la ciudad, se decidió elegir ésta porque los datos estaban disponibles de forma regular para todo el período de estudio.

Gripe

Los datos de gripe se obtuvieron a partir de las declaraciones semanales (EDOS) comunicadas al Servicio de Epidemiología de la Delegación Territorial de Sanidad de Alava. La cobertura media de declaración fue del 83,1%, no variando de modo significativo a lo largo del período de estudio.

RESULTADOS

La mediana de muertes diarias a lo largo de todo el período fue de 3 para todas las edades (media de 3,5) y de 2 para el grupo de 70 o más años (media de 2,4). La serie presentó una distribución estacional aumentando el número de fallecimientos en el semestre frío respecto al cálido ($p < 0,01$) (tabla 1). No se regis-

Tabla 1
Contaminación, características meteorológicas, gripe, y mortalidad en Vitoria-Gasteiz (1990-94)

	Período	media	p50	p10	p90	% perdidos
Humos negros ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	todo el año	51,15	45,00	19,33	88,33	1,6
	semestre frío	57,95	49,67	21,33	102,67	2,9
	semestre cálido	44,63	41,00	18,00	76,50	0,3
SO₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	todo el año	18,04	16,00	7,33	31,33	1,8
	semestre frío	22,31	20,33	8,33	38,00	2,9
	semestre cálido	13,92	13,67	7,00	21,33	0,7
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	todo el año	11,59	11,10	3,80	20,30	0
	semestre frío	6,93	6,80	2,40	11,73	0
	semestre cálido	16,18	16,00	10,30	22,00	0
Humedad relativa (%)	todo el año	76,47	77,00	61,00	90,00	0
	semestre frío	80,20	82,00	67,00	92,00	0
	semestre cálido	72,80	73,00	58,00	87,00	0
Gripe (n.º casos/día)	todo el año	66,49	36	10	130,90	0
	otoño	54,86	55	27	83	0
	invierno	158,94	112,0	43,4	315,00	0
	primavera	39,94	30	16	79	0
	verano	13,88	12	6	26	0
Muertes diarias en todos los grupos de edad	todo el año	3,53	3,00	1,00	6,00	0
	semestre frío	3,82	4,00	1,00	6,00	0
	semestre cálido	3,25	3,00	1,00	6,00	0
Muertes diarias en mayores de 70 años	todo el año	2,38	2,00	1,00	4,00	0
	semestre frío	2,59	2,00	1,00	5,00	0
	semestre cálido	2,17	2,00	0,00	4,00	0

traron variaciones significativas en la mortalidad entre los años que componían el período de estudio, ni entre los días de la semana.

En cuanto a los contaminantes atmosféricos estudiados, los valores medios para todo el período fueron 51,15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para humos negros y 18,04 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para SO_2 . En 52 de los días, los niveles medios diarios de HN superaron los 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; los de SO_2 se mantuvieron siempre casi dos veces por debajo de ese valor (tabla 1). En los años estudiados se produjo una disminución en los valores de HN, que pasaron de 61,7 a 43,82 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ($p < 0,01$) y un ligero aumento en los de SO_2 (de 15,4 a 21,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, $p < 0,01$). Como era de esperar, los niveles medios de ambos contaminantes eran mayores en el semestre frío y disminuían durante los fines de semana. El índice de correlación entre los dos contaminantes fue 0,42.

La temperatura media estuvo cercana a los 12° C, con una diferencia aproximada de 10° C entre el semestre cálido y el frío. En cuanto a la humedad relativa, la media se situó en 76,5%, siendo mayor en el semestre frío (tabla 1).

Tras la construcción de los modelos de regresión de Poisson para cada indicador de mortalidad, comprobamos que los residuos no presentaban autocorrelaciones significativas (figura 1-4).

La tabla 2 y las figuras 5 y 6 muestran los riesgos relativos, correspondientes a incrementos de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y a aumentos equivalentes al rango p90/p10 de cada contaminante, estimados para el global de la población y para el subgrupo con 70 o más años. Solamente resultó significativa la asociación entre humos negros y mortalidad en personas de 70 o más años durante el semestre frío del año. Un incremento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de HN producía un aumento de 1,4% en el riesgo de morir. Cuando se valoró la relación entre este contaminante y la mortalidad en este grupo de edad durante todo el año, la asociación resultó débilmente significativa ($p = 0,053$). En este caso el riesgo era ligeramente menor, ya que un aumento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el nivel de HN suponía una subida de 1,04% en el riesgo de morir. El resto de las asociaciones testadas mortalidad-contaminante no alcanzaron significación estadística, aunque fueron positivas en todas las épocas del año (exceptuando el caso de los HN durante el semestre cálido).

Tabla 2

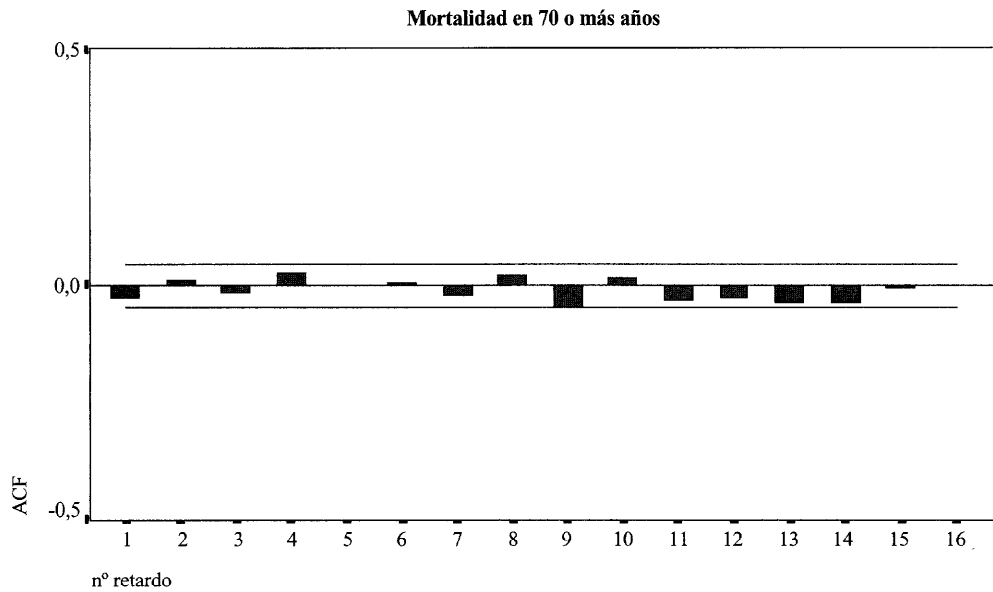
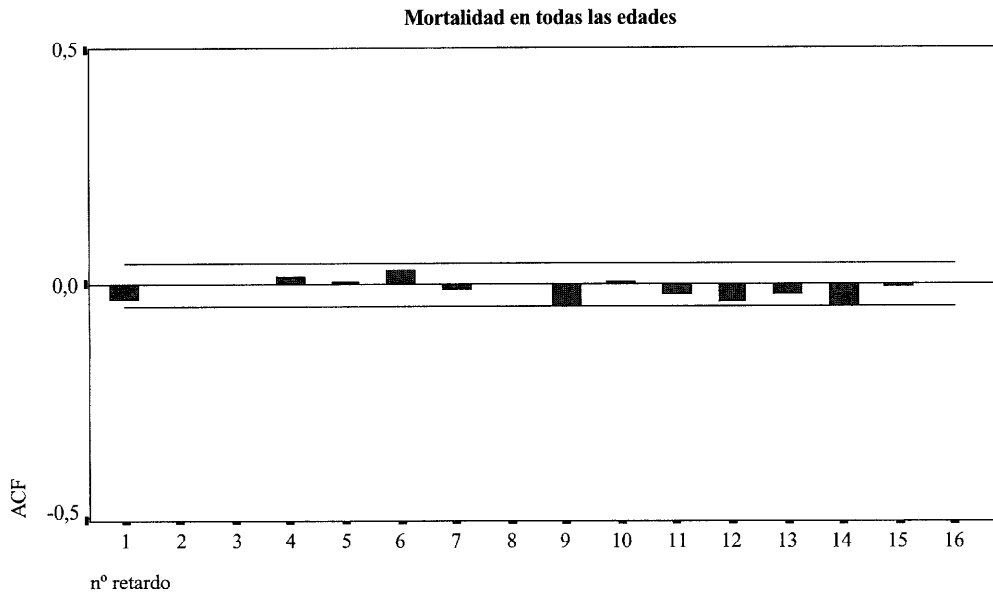
Riesgos relativos de morir e intervalo de confianza al 95% (IC 95%) asociados a incrementos de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de humos negros y dióxido de azufre (SO_2). Resultados para todo el año y por semestres. Vitoria-Gasteiz, 1990-94

	<i>Mortalidad en todas las edades</i>			<i>Mortalidad en mayores 70 años</i>		
	<i>Ret</i>	<i>RR</i>	<i>IC 95%</i>	<i>Ret</i>	<i>RR</i>	<i>IC 95%</i>
Humos negros						
Todo el año	1	1,0063	0,9968-1,0160	1	1,0104	0,9998-1,0210
Semestre frío	2	1,0085	0,9979-1,0193	1	1,0138	1,0017-1,0260
Semestre cálido	4	0,9858	0,9678-1,0041	4	0,9868	0,9665-1,0075
SO_2						
Todo el año	5	1,0204	0,9920-1,0496	5	1,0237	0,9897-1,0588
Semestre frío	5	1,0199	0,9890-1,0517	5	1,0245	0,9873-1,0632
Semestre cálido	2	1,0349	0,9678-1,1066	0	1,0593	0,9781-1,1472

(Ret: retardo; RR: riesgo relativo)

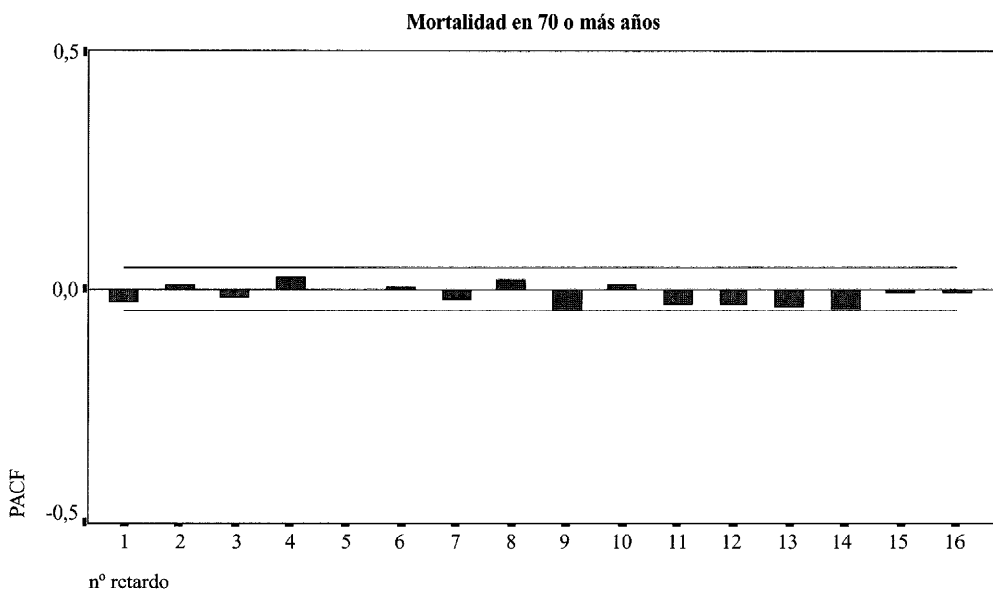
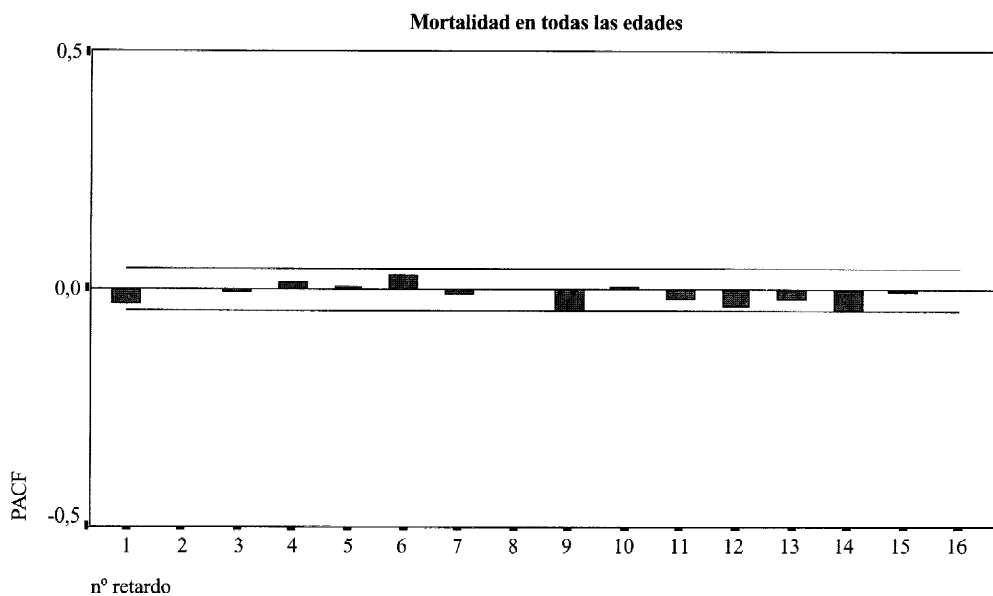
Figuras 1-4

Funciones de autocorrelación de los residuos de los modelos basales utilizados para cada indicador de mortalidad



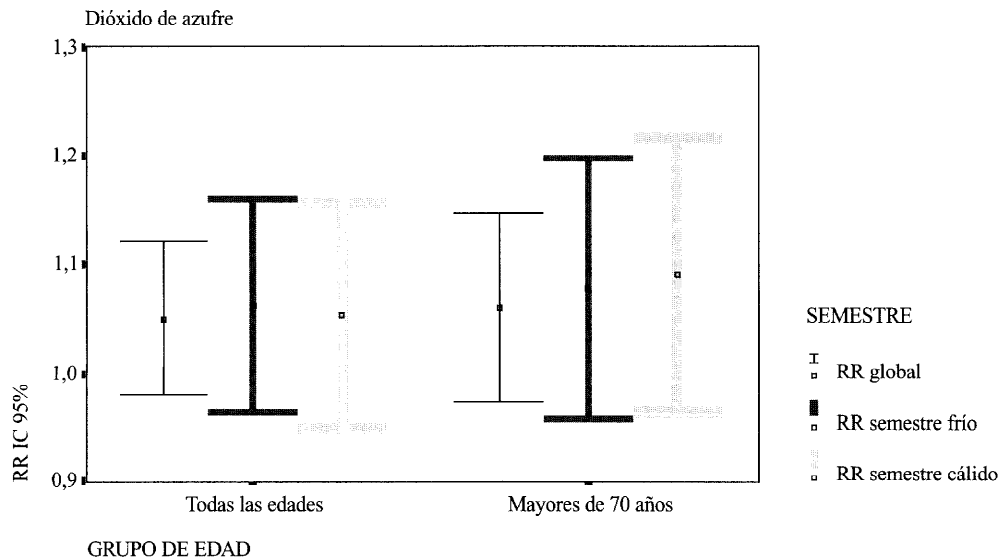
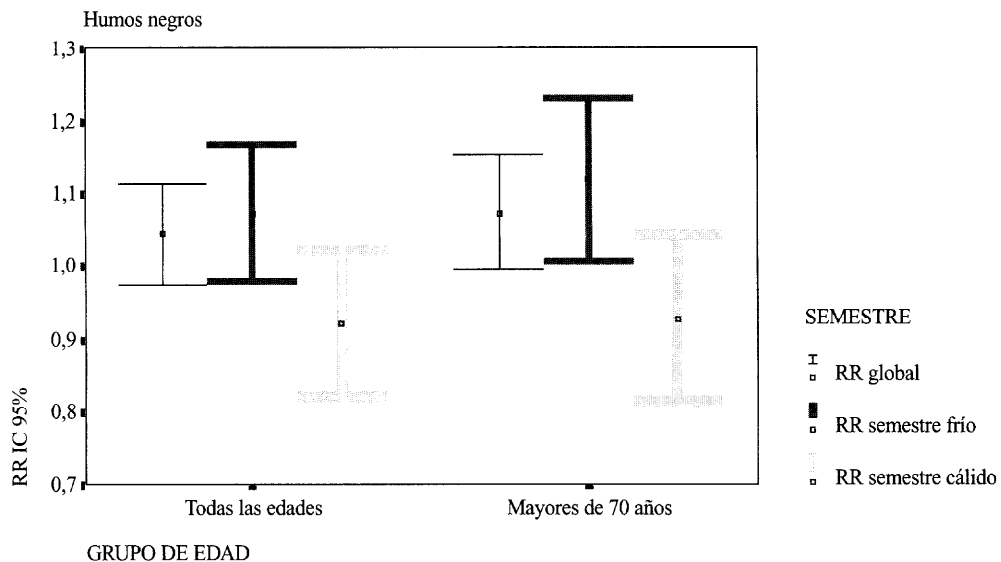
Figuras 1-4 (continuación)

Funciones de autocorrelación de los residuos de los modelos basales utilizados para cada indicador de mortalidad



Figuras 5 y 6

Riesgos relativos de morir e intervalo de confianza al 95% (IC 95%) asociados a incrementos equivalentes al rango p90/p10 de humos negros y dióxido de azufre (SO₂). Resultados para todo el año y por semestres. Vitoria-Gasteiz, 1990-94



Las figuras 7 y 8 muestran la relación exposición-respuesta entre los residuos ajustados de mortalidad y los retardos de HN que resultaron más significativos en el análisis. En el caso de la mortalidad en personas de 70 o más años, la curva presentaba forma de meseta para los niveles más bajos del contaminante, y se hacía lineal a partir de 80-90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (cuando estudiábamos la mortalidad durante todo el año y el semestre frío) o a partir de 110-120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (cuando lo hacíamos para el semestre más cálido). Durante el semestre frío, la curva volvía a tener forma de meseta a partir de 120-130 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Los diagramas de dispersión de SO_2 no mostraban una clara relación dosis-respuesta.

CONCLUSIONES

A modo de conclusión, podemos decir que: 1) El estudio sugiere que existe una asociación positiva entre los niveles de contaminación atmosférica de Vitoria-Gasteiz durante el período de estudio y la mortalidad a corto plazo 2) La asociación más consistente

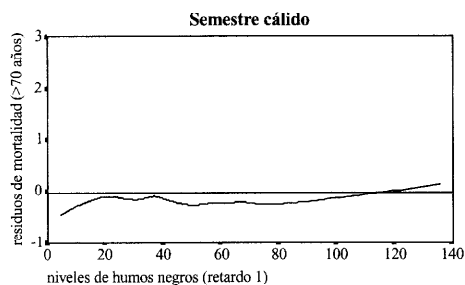
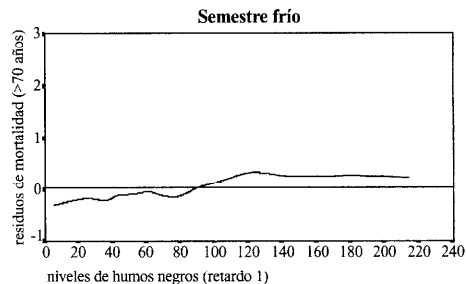
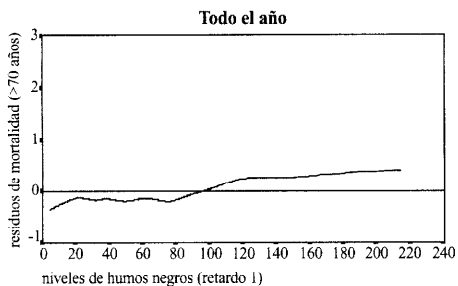
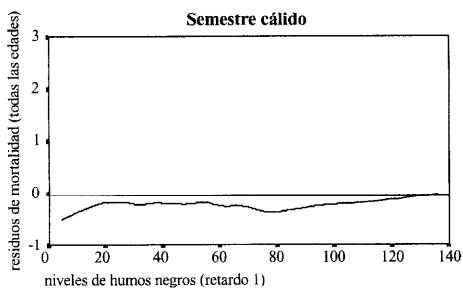
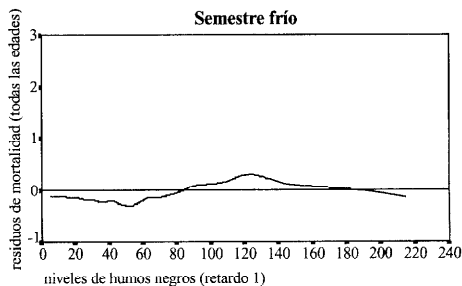
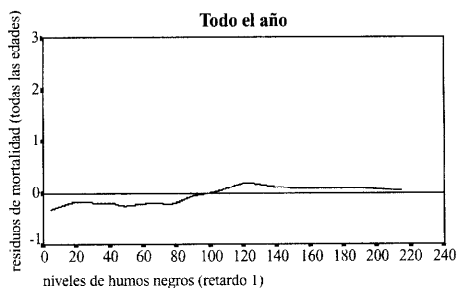
entre los indicadores de mortalidad analizados y los contaminantes estudiados (HN y SO_2) la encontramos con los humos negros, durante el semestre frío y en personas susceptibles como los ancianos. 3) Sin embargo, esta relación no parece detectarse (según la medida de los captadores de la ciudad elegidos en el estudio) con niveles de humos negros inferiores a 80-90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y sí a partir de estos valores, lo que sugeriría la existencia de un umbral a partir del cual el contaminante tendría efectos en la mortalidad.

AGRADECIMIENTOS

A Rosa Ruiz, del EUSTAT, y al Instituto Nacional de Meteorología por facilitar parte de los datos que fueron necesarios para la realización de este trabajo. A M.^a Jesús Iturrirxa por su ayuda en el análisis de las muestras de contaminantes. Y a los componentes de los grupos EMECAM de Barcelona y Valencia, en especial a Ferrán Ballesster, por el estímulo y las sugerencias aportadas para llevar a cabo este proyecto.

Figuras 7 y 8

Gráficos de dispersión y ajuste no paramétrico de regresiones localmente ponderadas (lowess) de la relación entre los residuos ajustados de mortalidad y el primer retardo de humos negros. Vitoria-Gasteiz, 1990-94



BIBLIOGRAFÍA

1. Derrienic F, Richardson S, Mollie A, Lellouch J. Short term effects of sulphur dioxide pollution on mortality in two French cities. *Int J Epidemiol* 1989; 18: 186-97.
2. Verhoeff AP, Hoek G, Schwartz J, Van Wijnen JH. Air pollution and daily mortality in Amsterdam. *Epidemiol* 1996; 7: 225-30.
3. Touloumi G, Samoli E, Katsouyanni K. Daily mortality and «winter type» air pollution in Athens Greece - a time series analysis within the APHEA project. *J Epidemiol Community Health* 1996; 50(1 Suppl): 47S-51S.
4. Zmirou D, Barumandzadeh T, Balducci F, Ritter P, Laham G, Ghilardi JP. Short term effects of air pollution on mortality in the city of Lyon, France, 1985-90. *J Epidemiol Community Health* 1996; 50 (1 Suppl): 30S-35S
5. Wojtyniak B, Piekarski T. Short term effect of air pollution on mortality in Polish urban populations-what is different? *J Epidemiol Community Health* 1996; 50 (1 Suppl): 36S-41S.
6. Spix C, Wichmann HE. Daily mortality in Köln. *J Epidemiol Community Health* 1996; 50 (1 Suppl): 52S-58S.
7. Sunyer J, Castellsagué J, Sáez M, Tobias A, Antó JM. Air pollution and mortality in Barcelona. *J Epidemiol Community Health* 1996; 50 (1 Suppl): 76S-80S.
8. Ballester F, Corella D, Pérez-Hoyos S, Hervás A. Air pollution and mortality in Valencia, Spain: a study using the APHEA methodology. *J Epidemiol Community Health* 1996; 50: 527-33.
9. Hoek G, Schwartz JD, Groot B, Eilers P. Effects of ambient particulate matter and ozone on daily mortality in Rotterdam, The Netherlands. *Arch Environ Health* 1997; 52:455-63.
10. Anderson HR, Ponce de León A, Bland JM, Bower JS, Strachan DP. Air pollution and daily mortality in London: 1987-92. *BMJ* 1996; 312:665-9.
11. Pérez-Hoyos S, Sáez M, Barceló MA, Cambra K, Figueiras A, Ordoñez JM et al. Protocolo EMECAM: análisis del efecto a corto plazo de la contaminación atmosférica sobre la mortalidad. *Rev Esp Salud Pública* 1999; 73:177-185.
12. Ballester F, Sáez M, Alonso E, Taracido M, Ordoñez JM, Aguinaga I, et al. El proyecto EMECAM. Estudio multicéntrico español sobre la relación entre la contaminación atmosférica y la mortalidad. Antecedentes, participantes, objetivos, material y métodos. *Rev Esp Salud Pública* 1999; 73:165-175.
13. Katsouyanni K, Touloumi G, Spix C, Schwartz J, Balducci F, Medina S et al. Short term effects of ambient sulphur dioxide and particulate matter on mortality in 12 European cities: results from time series data from the APHEA project. *BMJ* 1997; 314:1658-63.
14. Committee of the environmental and occupational health assembly of the American Thoracic Society. Health effects of outdoor air pollution. *Am J Respir Crit Care Med* 1996; 153; 3-50.