

Efectos de la contaminación atmosférica sobre la mortalidad diaria en la ciudad de Zaragoza, España, 1991-1995

Federico Arribas-Monzón, Dr. en Med. Cir.,⁽¹⁾ María José Rabanaque, Dra. en Med. Cir.,⁽²⁾
Ma. Carmen Martos, Dra. en Med. Cir.,⁽¹⁾ José María Abad, Dr. en Med. Cir.,⁽¹⁾
Tomás Alcalá-Nalvaiz, Dr. Cien. Mat.,⁽²⁾ Mercedes Navarro-Elipe, Dra. en Med. Cir.⁽³⁾

Arribas-Monzón F, Rabanaque MJ, Martos MC, Abad JM, Alcalá-Nalvaiz T, Navarro-Elipe M. Efectos de la contaminación atmosférica sobre la mortalidad diaria en la ciudad de Zaragoza, España, 1991-1995. *Salud Publica Mex* 2001;43:289-297.

El texto completo en inglés de este artículo está disponible en: <http://www.insp.mx/salud/index.html>

Arribas-Monzón F, Rabanaque MJ, Martos MC, Abad JM, Alcalá-Nalvaiz T, Navarro-Elipe M. Effects of air pollution on daily mortality in Zaragoza, Spain, 1991-1995. *Salud Publica Mex* 2001;43:289-297.

The English version of this paper is available at: <http://www.insp.mx/salud/index.html>

Resumen

Objetivo. Analizar posibles efectos a corto plazo de la contaminación atmosférica sobre la mortalidad diaria en la población de Zaragoza (España). **Material y métodos.** Estudio ecológico realizado en Zaragoza, España, en los años 1991 a 1993. Mediante modelos de regresión de Poisson autorregresiva se estudió la asociación entre exposición a partículas en suspensión y dióxido de azufre (SO₂), y defunciones diarias de 1991 a 1995. Se consideraron por separado cuatro variables respuesta: mortalidad total para toda la población (excluidas las causas externas), mortalidad en mayores de 69 años, mortalidad específica por enfermedades respiratorias y mortalidad por enfermedades cardiovasculares. **Resultados.** No se utilizó muestra. Se utilizaron los paquetes estadísticos EGRET y SPSS. Se encontraron asociaciones entre niveles de SO₂ y mortalidad por enfermedades cardiovasculares, riesgo relativo (RR=1.018 IC 95%: 1.001-1.036), así como entre partículas en suspensión y mortalidad por enfermedades respiratorias (RR=1.028 IC 95%: 1.006-1.051). Durante épocas cálidas, se observó un efecto significativo de las partículas en suspensión sobre la mortalidad por enfermedades cardiovasculares (RR=1.020 IC 95%: 1.001-1.040). **Conclusiones.** A pesar de los bajos niveles de contaminación existentes, se han detectado

Abstract

Objective. To analyze the short-term impact of air pollution on daily mortality in the City of Zaragoza (Spain). **Material and methods.** This ecologic study was conducted in Zaragoza, Spain, from 1991 to 1993. Poisson autoregressive models were constructed to assess the association between air particulate matter and sulphur dioxide SO₂ and daily deaths. Four outcome variables were studied: overall mortality (excluding external deaths), mortality in subjects over 69 years of age, mortality due to respiratory disease, and mortality due to cardiovascular disease. A sample size was not obtained. Data analysis was conducted using the statistical software EGRET and SPSS. **Results.** SO₂ levels were significantly associated with cardiovascular deaths (RR=1.018 IC 95%: 1.001-1.036) and particulate matter levels with respiratory deaths (RR=1.028 IC 95%: 1.006-1.051). During the warm season, a significant relationship was found between particulate matter and cardiovascular deaths (RR=1.020 IC 95%: 1.001-1.040). **Conclusions.** Low levels of air pollution were found in Zaragoza, with considerable variation in the concentration of air pollutant concentrations and daily respiratory and cardiovascular deaths, particularly during the warm season. The English version of this paper is available at: <http://www.insp.mx/salud/index.html>

- (1) Departamento de Sanidad, Consumo y Bienestar Social. Diputación General de Aragón.
(2) Universidad de Zaragoza.
(3) Ayuntamiento de Zaragoza.

Fecha de recibido: 21 de septiembre de 2000 • Fecha de aprobado: 1 de marzo de 2001

Solicitud de sobretiros: Dr. Federico Arribas-Monzón. Departamento de Sanidad, Consumo y Bienestar Social, Dirección General de Ordenación, Planificación y Evaluación, Servicio de Evaluación. Edificio Pignatelli. Paseo María Agustín 36, 50071 Zaragoza, España.
Correo electrónico: farribas@aragob.es

efectos significativos de incrementos en la concentración de contaminantes atmosféricos sobre la mortalidad por enfermedades cardiovasculares y respiratorias, especialmente en los meses cálidos. El texto completo en inglés de este artículo está disponible en: <http://www.insp.mx/salud/index.html>

Palabras clave: mortalidad; contaminación atmosférica; España

Key-words: mortality; air-pollution; Spain

Desde hace tiempo es conocido el efecto negativo sobre la salud de niveles elevados de contaminación atmosférica,^{1,2} y más recientemente ha sido confirmado que también los niveles de contaminación habituales pueden suponer un riesgo para la salud de la población.^{3,4}

Estudios de series temporales en los que se han incluido los niveles de contaminación diarios y el número de muertes, ingresos hospitalarios o urgencias atendidas en el mismo día, han demostrado que la exposición a partículas finas (menos de 10 µm de diámetro) se asocian con aumento de la mortalidad general,⁵ mortalidad por causas respiratorias o cardiovasculares.¹ Otros efectos referidos fueron la depresión de la función respiratoria y el aumento de los síntomas respiratorios en niños, y probablemente cambios significativos en la incidencia de procesos cardiacos en los ancianos.¹

Los efectos comentados han sido confirmados por algunos estudios del proyecto APHEA (Short term effects of air pollution on health, a European approach), en los que se describe un aumento del riesgo de muertes por enfermedades respiratorias e ingresos hospitalarios asociados con un incremento en las concentraciones de SO₂ y de partículas en suspensión.³ Estos estudios muestran que niveles bajos de contaminación tienen importancia en términos de salud pública, porque, aunque los efectos encontrados son de baja magnitud, pueden afectar a grandes grupos de población, y especialmente a determinadas poblaciones de riesgo, como ancianos o enfermos crónicos.^{4,6}

Los riesgos para la salud, demostrados en entornos urbanos con niveles elevados de contaminantes, han sido menos estudiados en otras ciudades con menores niveles de contaminación. Recientemente, diversos estudios^{1,2,5,6} sugieren que aunque los niveles de contaminación sean bajos, los incrementos en las concentraciones de contaminantes pueden producir un aumento en la morbimortalidad en los grupos de población más frágiles.

Zaragoza es una ciudad de tamaño medio caracterizada por presentar niveles bajos de concentración

de contaminantes atmosféricos. Estos valores son muy inferiores a los habitualmente utilizados como guía de calidad del aire.⁷

El objetivo de este estudio es analizar el posible impacto, a corto plazo, de la contaminación atmosférica sobre la mortalidad en la ciudad de Zaragoza durante el periodo 1991-1995.

Material y métodos

Se realizó un estudio ecológico para analizar la posible relación entre contaminación atmosférica y mortalidad en la ciudad de Zaragoza durante el periodo 1991-1995. Se analizó la mortalidad por todas las causas (excluyendo las externas), las por enfermedades respiratorias y cardiovasculares, y la mortalidad en mayores de 69 años –los cuatro modelos del estudio– donde se excluyeron los fallecidos residentes en zonas periurbanas e industriales periféricas.

Zaragoza es una ciudad situada en el noreste de España, donde se concentra más de la mitad de la población de la Comunidad Autónoma de Aragón, con una población de 572,212 habitantes, al inicio del estudio, de los cuales 53,304 eran mayores de 69 años (93 %).

VARIABLES ANALIZADAS

Como variable respuesta se ha estudiado el número de defunciones diarias por todas las causas (excluidas las causas externas, CIE-9 E800-E900), para toda la población y para mayores de 69 años, y las defunciones por enfermedades del aparato respiratorio (CIE-9 460-519) y del aparato circulatorio (CIE-9 390-459).

Como variables explicativas se consideraron las concentraciones medias diarias de humos negros y dióxido de azufre (SO₂). Los valores medios se calcularon a partir de las mediciones realizadas en las 13 estaciones urbanas de la Red manual de control de la contaminación atmosférica, excluyendo las situadas en áreas industriales. Los métodos de medición utilizados fueron la reflectometría para humos negros y

la espectrofotometría, por el método de la Thorina, para SO_2 .

Como factores de confusión se incluyeron tendencia estacional y a largo plazo; variables meteorológicas como temperatura media y humedad relativa; días de la semana y festivos, así como incidencia diaria de gripe.

Fuentes de datos

El número de defunciones diarias por grupo de edad y causa fue proporcionado por el Instituto Aragonés de Estadística (IAE). Los niveles diarios de contaminación atmosférica (partículas en suspensión y SO_2) se obtuvieron de la Red Manual de Vigilancia del Ayuntamiento. Los datos de temperatura y humedad relativa procedían del Observatorio Meteorológico del Aeropuerto de Zaragoza. La incidencia de gripe se obtuvo a partir del número de casos semanales, notificados al sistema de Enfermedades de Declaración Obligatoria, de la Diputación General de Aragón (DGA).

Método de análisis

La asociación entre indicadores de contaminación atmosférica y mortalidad diaria se analizó aplicando modelos de regresión de Poisson autorregresiva, siguiendo la metodología adoptada por el proyecto Estudio multicéntrico español sobre la relación entre la contaminación atmosférica y la mortalidad (EMECAM).⁸ En primer lugar, se elaboró un "modelo basal" con las variables de confusión significativas, para posteriormente incluir, uno a uno, hasta cinco retardos de la variable indicadora de contaminación. Finalmente, con objeto de controlar la posible autocorrelación residual, se incorporaron al modelo términos autorregresivos de la mortalidad diaria hasta orden cinco. Los contaminantes se introdujeron separadamente, sin considerar potenciales interacciones entre ellos. Además, se realizó un análisis estratificado en dos semestres: semestre frío (de noviembre a abril) y cálido (de mayo a octubre).

Los resultados se presentan como riesgo relativo (RR) de mortalidad para un incremento de $10 \mu\text{gr}/\text{m}^3$ en la concentración de partículas y SO_2 . Se calcularon los intervalos de confianza al 95 % (IC 95).

Resultados

Durante el periodo de estudio se registraron 22.809 fallecimientos por todas las causas (excluidas las ex-

ternas) en la ciudad de Zaragoza. En el cuadro I se presenta la media diaria de fallecimientos, para todo el periodo y por semestres, de cada una de las causas de mortalidad estudiadas. Los valores de los contaminantes se reflejan en el cuadro II. La correlación entre humos negros y SO_2 fue de 0.368. La temperatura media para todo el periodo de estudio fue de 15.5°C , con un rango de temperaturas comprendido entre -1.9 y 31.8°C . En el semestre cálido la temperatura media fue de 21.1°C y en el frío de 9.7°C .

Con respecto a la humedad relativa, el porcentaje medio anual fue de 64.5%; para el semestre cálido de 57.7% y para el frío de 71.3%.

El número medio de casos diarios de gripe fue de 169.5 para todo el periodo, 58.8 casos para el semestre cálido y 281.8 casos para el frío.

Efectos asociados a los humos negros

No se han detectado asociaciones significativas entre la mortalidad por todas las causas y la concentración de humos, cuando se consideró el mismo día, así como cuando se analizaron los cinco retardos estudiados, ni en el conjunto de la población ni en los mayores de 69 años.

La concentración de partículas del día anterior estuvo asociada significativamente a la mortalidad diaria por causas respiratorias (RR=1.028, IC 95% 1.006-1.051). Este efecto fue mayor en el semestre cálido, RR=1.046 (IC 95% 1.005-1.089).

Se estudió también la asociación entre mortalidad diaria por enfermedades respiratorias y exposición a contaminantes atmosféricos en personas mayores de 69 años. En este grupo se encontró una asociación significativa en el semestre cálido entre la exposición a partículas en suspensión el día previo y la mortalidad por causas respiratorias (RR=1.048 IC 95%: 1.005 - 1.094), esta significación se hallaba al límite de significación estadística cuando se consideró todo el periodo de estudio.

Al estudiar específicamente la enfermedad pulmonar obstructiva crónica y enfermedades afines (EPOC-EA), se detectó una relación significativa entre la mortalidad por estas causas y la contaminación por partículas en los cinco días anteriores, con RR=1.038 (IC 95% 1.002-1.075) para todo el periodo y RR =1.068 (IC 95% 1.004-1.137) para el periodo cálido.

En cuanto a la mortalidad por enfermedades del aparato circulatorio, se encontró una asociación con la concentración de humos dos días antes, aunque sólo en el periodo cálido (RR: 1.020; IC 95%: 1.001-1.040) (figura 1).

Cuadro I
MORTALIDAD DIARIA. ZARAGOZA CAPITAL, ESPAÑA, 1991-1995

Mortalidad	Defunciones	Media diaria	DE	Mínimo	P10	Mediana	P90	Máximo
Todas causas, menos externas	22809	12.491	3.875	2	8	12	17	32
Toda la población								
Semestre frío	12197	13.462	4	3	8	13	18	32
Semestre cálido	10612	11.535	3.496	2	7	11	16	23
Aparato Respiratorio	2283	1.250	1.186	0	0	1	3	7
Toda la población								
Semestre frío	1354	1.494	1.275	0	0	1	3	7
Semestre cálido	929	1.010	1.037	0	0	1	2	5
Aparato Circulatorio	8311	4.551	2.267	0	2	4	8	16
Toda la población								
Semestre frío	4569	5.043	2.298	0	2	5	8	16
Semestre cálido	3742	4.067	2.129	0	2	4	7	12
Todas causas, menos externas	16333	8.945	3.242	0	5	9	13	24
Mayores de 69 años								
Semestre frío	8797	9.710	3.360	2	6	10	14	24
Semestre cálido	7536	8.191	2.935	0	5	8	12	19

Fuente: Instituto Aragonés de Estadística

Semestre frío: noviembre- abril

Semestre cálido: mayo- octubre

Defunciones: número total de defunciones

Cuadro II
VALORES PROMEDIO DIARIOS DE CONTAMINACIÓN.
ZARAGOZA CAPITAL, ESPAÑA, 1991-1995

	Media	Desviación estándar	Mediana	Rango
Partículas (mgr/m ³)	46.94	21.17	44.00	5.69 – 145.38
Semestre cálido	42.04	17.99	39.98	5.69 – 140.85
Semestre frío	51.98	22.95	48.77	8.38 – 145.38
SO ₂ (mgr/m ³)	21.10	15.33	17.19	0.86 – 104.58
Semestre cálido	12.73	8.22	11.00	0.95 – 53.54
Semestre frío	29.50	16.21	27.23	0.86 – 104.58

Fuente: Instituto Municipal de Salud Pública

Semestre frío: noviembre-abril

Semestre cálido: mayo-octubre

Efectos asociados al SO₂

Al igual que en el caso de partículas en suspensión, no se detectaron asociaciones significativas entre la mortalidad por todas las causas y la concentración de SO₂, ni en el conjunto de la población ni en los mayores de 69 años. Tampoco se identificaron para la mortalidad por enfermedades del aparato respiratorio cuando se analizó todo el periodo. Por el contrario, en los meses cálidos se detectó una asociación positiva significativa entre la concentración SO₂, cuatro días antes, y la mortalidad por enfermedades del aparato respiratorio para todas las edades (RR=1.093; IC 95% 1.006-1.187). Los resultados para los mayores de 69 años no fueron concluyentes.

Al considerar las defunciones diarias por EPOC-EA se obtuvo que incrementos en la concentración de SO₂ se asociaban con incrementos en el número de de-

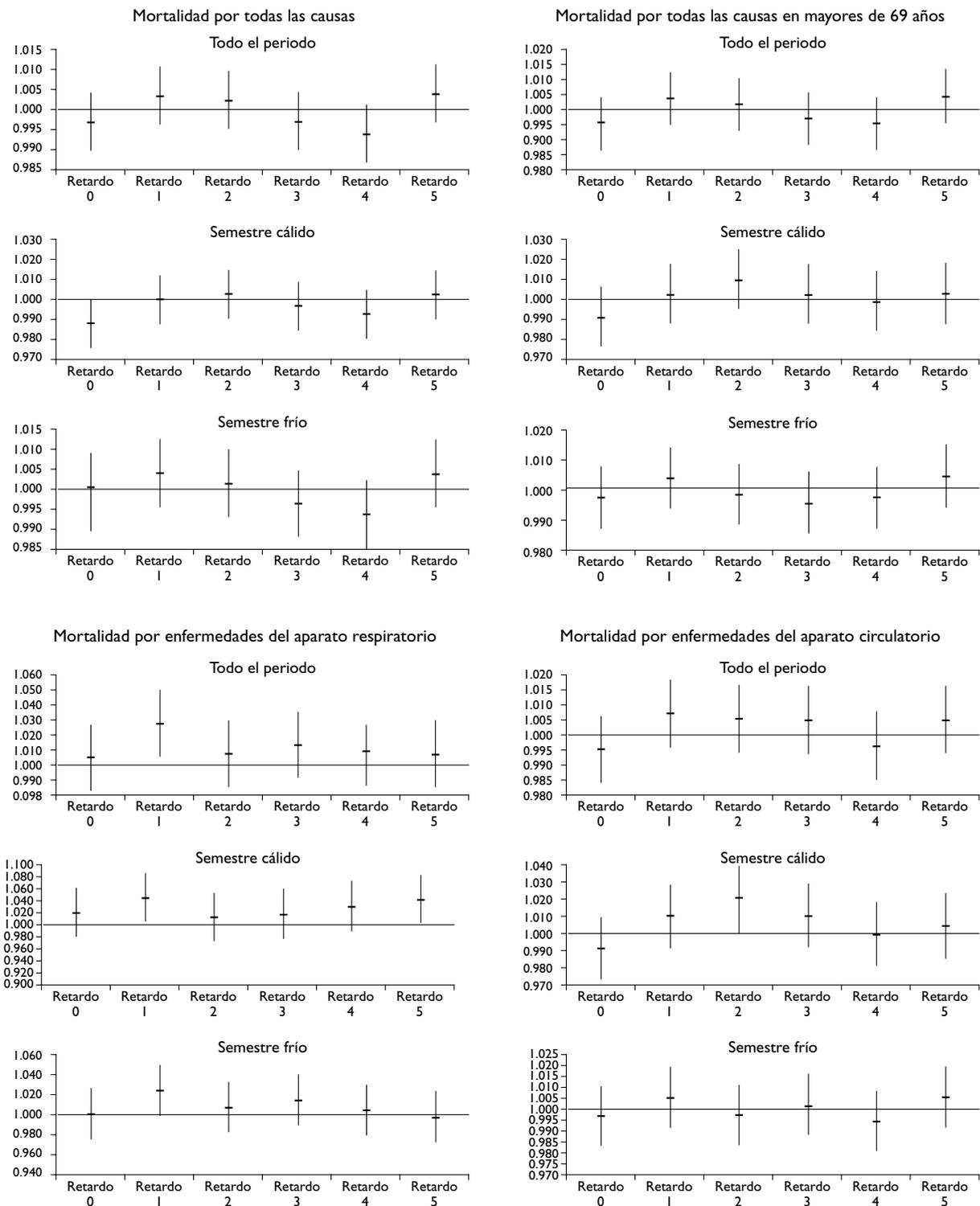


FIGURA 1. EFECTOS DE HUMOS TOTALES SOBRE MORTALIDAD. RIESGO RELATIVO, E IC AL 95% PARA INCREMENTOS DE 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. ZARAGOZA CAPITAL, ESPAÑA 1991-1995

funciones diarias por esta causa en el semestre cálido (RR=1.135; IC 95% 1.001-1.287).

Para la mortalidad por enfermedades del aparato circulatorio se encontró una asociación con la concentración de SO₂ del día anterior para todo el periodo (RR: 1.018; IC 95%: 1.001-1.036). (Figura 2)

Discusión

Los resultados del trabajo confirman los hallazgos de otros estudios que demuestran el efecto negativo sobre la salud que, a corto plazo, pueden tener niveles de contaminación que suelen considerarse seguros.^{3, 9-17}

En el presente estudio se encontró una asociación significativa entre incrementos en la concentración de partículas y SO₂, y la mortalidad por diferentes causas. Esta asociación se detectó con niveles de contaminación muy bajos, característicos de la ciudad de Zaragoza. El Real Decreto 1321/1992 de normas de calidad de SO₂ y partículas en suspensión indica que los valores guía para estos contaminantes, en un periodo de 24 horas, son de 150 µgr/m³ N (N=valor medio diario normalizado a 273°K y 760 mmHg) y para un periodo anual (media aritmética de los valores medios diarios del año) de 40 a 60 µgr/m³. En el presente trabajo la media diaria para humos se cuantificó en 46.9 mgr/m³ y para SO₂ en 21.1 µgr/m³, valores incluidos en el rango de seguridad fijado por el Real Decreto mencionado.¹⁸

Los presentes resultados no demuestran la existencia de una asociación entre variaciones de las concentraciones de partículas en suspensión o SO₂ con la mortalidad global, ni con la mortalidad en personas mayores de 69 años para niveles bajos de contaminación. Por el contrario, Sanhueza¹⁹ observa en Santiago de Chile, ciudad muy contaminada, una consistente asociación entre contaminación atmosférica y mortalidad diaria, especialmente para partículas. De igual forma Bremmer,²⁰ en Londres, detecta asociaciones entre todos los casos de mortalidad y humos negros.

Para la mortalidad por enfermedades del aparato circulatorio, los resultados de este estudio muestran una débil asociación en el semestre cálido para la contaminación por partículas y en el semestre frío para la contaminación por dióxido de azufre. Estos efectos sobre patología del aparato circulatorio han sido identificados en otros estudios como el de Bremmer²⁰ en Londres. Zmirou, por su parte, identificó efectos significativos de la exposición a humos negros y SO₂ sobre la mortalidad por enfermedades del sistema cardiovascular en ciudades del oeste europeo.²¹ Borja-Aburto y colaboradores,²² en ciudad de México, encuentran

incrementos de la mortalidad total y por causas (cardiovasculares y respiratorias) cuando hay incrementos de las partículas en suspensión (PST).

Al analizar la influencia de la contaminación atmosférica sobre la mortalidad por enfermedades respiratorias, nuestro trabajo encuentra un aumento del riesgo de esta mortalidad global con relación a incrementos en la concentración media diaria de humos. Zmirou, en el citado estudio realizado en diez ciudades europeas, encuentra el mismo efecto aunque de menor magnitud.²¹

No hemos detectado en nuestro trabajo que la contaminación por SO₂ tuviera efectos sobre la mortalidad por enfermedades respiratorias para todo el periodo de estudio. Zmirou²¹ tampoco detecta efectos de este contaminante sobre la mortalidad por causas respiratorias en cinco ciudades centroeuropeas, pero sí encuentra efectos de la exposición al SO₂ sobre esta mortalidad en ciudades del oeste europeo. Otros estudios^{3,4,14,19,23} han detectado de igual forma un incremento en la mortalidad por causas respiratorias relacionado con las concentraciones diarias de SO₂ y humos.

Sin embargo, el efecto de los humos sobre la mortalidad por enfermedades del aparato respiratorio, no ha sido demostrado claramente en otros trabajos de nuestro entorno, como los realizados en Valencia en 1991-1993¹⁷ o en Barcelona en 1985-1991.¹⁰ Tampoco se detectó este efecto en un estudio realizado en cuatro ciudades de Polonia.²⁴

Un aspecto que también hemos analizado es el diferente efecto de los niveles de los contaminantes atmosféricos según la época del año (cálida o fría). Según nuestros datos, el efecto de los contaminantes sobre la mortalidad por causas respiratorias fue más marcado en el periodo cálido.

Los datos relativos al efecto del SO₂, concuerdan, parcialmente, con el estudio de Barcelona,¹⁰ donde se detectó una asociación más fuerte de este contaminante con la mortalidad por enfermedades respiratorias en verano que en invierno. Según los autores estas diferencias podrían deberse a una menor exposición de las personas a los contaminantes exteriores en invierno y a que la mortalidad por causas infecciosas, o las relacionadas con baja temperatura, tiene menor peso en verano. Esto mismo ha sido observado en el estudio realizado en Roma por Michelozzi.²⁵

El mayor efecto del SO₂ en verano, también puede estar relacionado con la presencia de otros contaminantes no analizados en el estudio. Por ejemplo, ha sido descrita la influencia de los niveles de ozono sobre la mortalidad,^{5,26-28} que en algunos trabajos ha sido más elevada en periodos cálidos.²⁹ Algunos estudios,

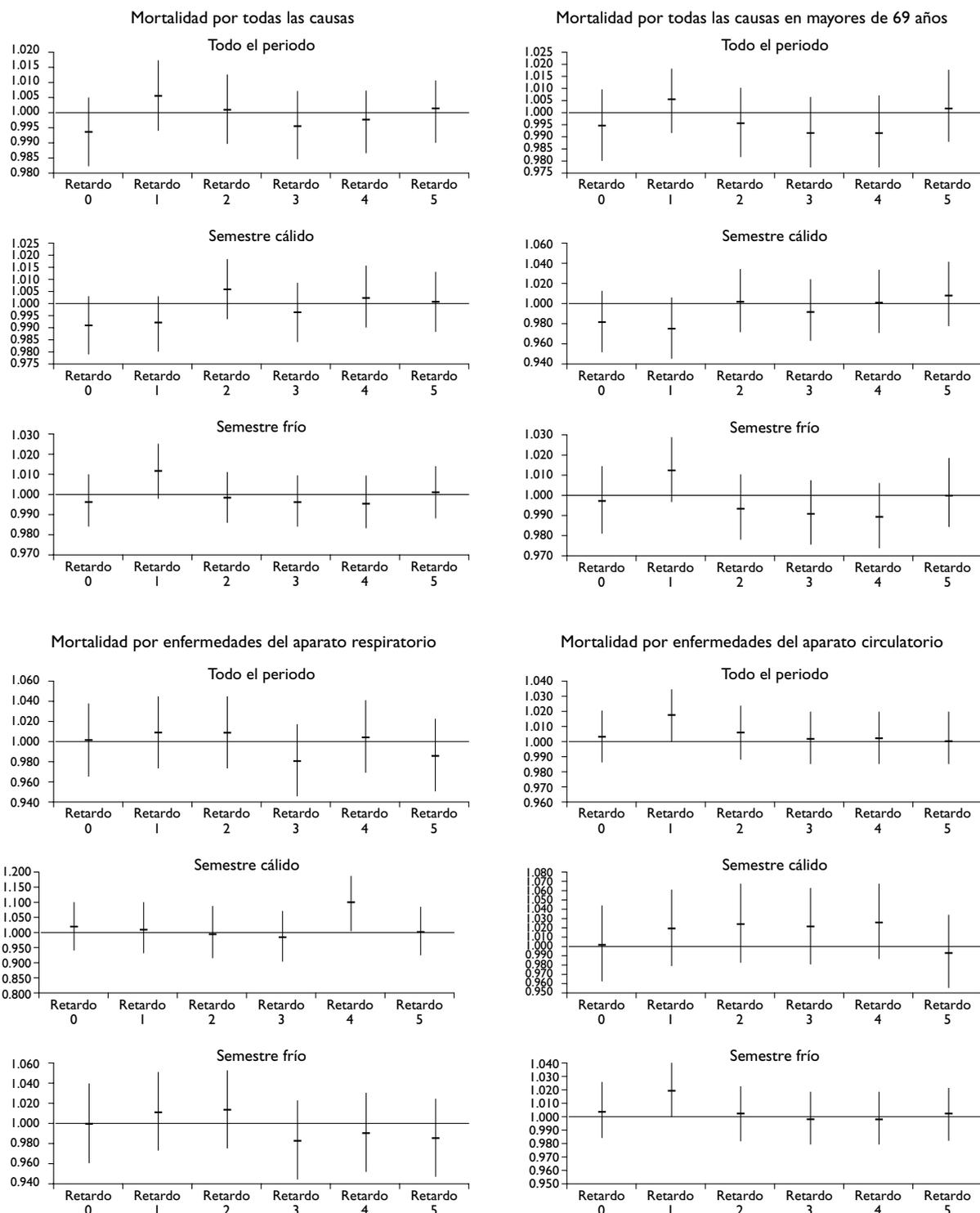


FIGURA 2. EFECTOS DEL SO₂, SOBRE LA MORTALIDAD. RIESGO RELATIVO, E IC AL 95% PARA INCREMENTOS DE 10 μGR/M³. ZARAGOZA CAPITAL, ESPAÑA 1991-1995

como los realizados en Atenas y en Milán, han demostrado un mayor efecto del SO₂ en invierno,^{22,30} y otros no han detectado variaciones estacionales.³

Es necesario reseñar que las asociaciones encontradas en periodo cálido entre mortalidad por enfermedades del aparato respiratorio y SO₂ son algo superiores a las encontradas para partículas. Este efecto ha sido descrito en estudios realizados en Francia²³ y en Polonia²⁴ pero, en este último, el fenómeno se mantuvo durante todo el año.

Numerosos estudios confirman el efecto de la contaminación sobre la mortalidad en personas mayores.^{5,10,11,31} En concreto, Prescott³² encuentra una asociación de signo positivo entre la exposición a humos negros, como media de los tres días anteriores, y la mortalidad diaria en mayores de 65 o más años, y la mortalidad por causas respiratorias en este grupo de edad (3,9% de incremento de la mortalidad para un incremento de 10 µgr/m³ de incremento en partículas en suspensión). Téllez-Rojo³³ observa un importante impacto de PM₁₀ sobre la morbi-mortalidad respiratoria en la ciudad de México en 1994. Este efecto sólo lo hemos encontrado en nuestro estudio en el periodo cálido con respecto a la mortalidad respiratoria.

Nuestros datos muestran una clara asociación entre incrementos en la concentración de partículas y mortalidad por EPOC-EA. Otros estudios han descrito la relación existente entre la demanda de servicios hospitalarios por EPOC y asma, y diferentes contaminantes.³⁴⁻³⁷

La interpretación de resultados del estudio puede estar limitada por diversos aspectos. En primer lugar por el diseño del trabajo, ya que se trata de un estudio ecológico. En segundo lugar, los modelos de regresión utilizados incluyen un gran número de variables explicativas en relación con el bajo número de defunciones diarias por causas específicas, lo que puede dar lugar a falta de precisión en la determinación de efectos. Este fenómeno ha sido más evidente cuando se analizó el efecto de la contaminación en subgrupos de edad y causa.

Otro aspecto a valorar es la existencia de posibles variables de confusión no controladas (tales como otras variables atmosféricas u otros contaminantes) y que podrían justificar, parcialmente, las asociaciones de signo opuesto observadas.

En este estudio no se pudieron confirmar los resultados obtenidos en otros trabajos que muestran una asociación entre la mortalidad global, especialmente en los ancianos, y la variación en los niveles de contaminación atmosférica. Esto puede deberse tanto al hecho de que Zaragoza presenta niveles especialmente bajos de los contaminantes estudiados, como a la posi-

ble existencia de otros factores de confusión no valorados, pueden ser, por ejemplo, los niveles de ozono u otros contaminantes.

Como conclusión, el estudio indica que los incrementos en las concentraciones de contaminantes pueden producir efectos negativos sobre la mortalidad por enfermedades cardiovasculares o respiratorias, incluso para niveles bajos de contaminación, en especial en periodos cálidos y en personas mayores. Los datos presentados cuestionan la existencia de umbrales de seguridad en contaminación atmosférica, y hacen reflexionar sobre la dificultad de alcanzar un equilibrio adecuado entre desarrollo económico-social y seguridad.

Bibliografía

1. Bates DV. Air Pollution: The environmental Phoenix. *Can J Public Health* 1998; 89: 149.
2. Schwartz J. What are people dying of on high air pollution days? *Environ Res* 1994; 64: 26-35.
3. Vigotti MA, Rossi G, Bisanti L, Zanobetti A, Schwartz J. Short term effects of urban air pollution on respiratory health in Milan, Italy, 1980-89. *J Epidemiol Community Health* 1996; 50 Suppl 1: 71-75.
4. Dab W, Medina S, Quenel P, Le Moullec Y, Le Tertre A, Thelot B et al. Short term respiratory health effects of ambient air pollution: results of the APHEA project in Paris. *J Epidemiol Community Health* 1996; 50 Suppl 1: 42-46.
5. Simpson RW, Williams G, Petroeschovsky A, Morgan G, Rutherford S. Associations between outdoor air pollution and daily mortality in Brisbane, Australia. *Arch Environ Health* 1997; 52: 442-454.
6. Saldiva PH, Pope CA, Schwartz J, Dockery DW, Lichtenfels AJ, Salge JM et al. Air pollution and mortality in elderly people: a time-series study in Sao Paulo, Brazil. *Arch Environ Health* 1995; 50: 159-163.
7. López N, Aladrén M, Urraca JI, Celma J. Situación de la contaminación atmosférica en la ciudad de Zaragoza durante el año 1998. Servicio Medio Ambiente. Ayuntamiento de Zaragoza, 1999.
8. Ballester Díez F, Sáez Zafra M, Alonso Fustel ME, Taracido Trunk M, Ordóñez Iriarte JM, Aguinaga Ontoso I. et al. El proyecto EMECAM: Estudio multicéntrico español sobre la relación entre la contaminación atmosférica y la mortalidad. Antecedentes, participantes, objetivos y metodología. *Rev Esp Salud Publica* 1999; 73: 165-175.
9. Leuenberger P, Kunzli N, Ackermann Liebrich U, Schindler C, Bolognini G et al. Swiss Study on Air Pollution and Lung Diseases in Adults (SAPAL-DIA). *Schweiz Med Wochenschr* 1998; 128: 150-161.
10. Sunyer J, Castellsague J, Sáez M, Tobias A, Anto JM. Air pollution and mortality in Barcelona. *J Epidemiol Community Health* 1996; 50 Suppl 1: 76-80.
11. Thurston GD. A critical review of PM10-mortality time-series studies. *J Expo Anal Environ Epidemiol* 1996; 6: 3-21.
12. Salinas M, Vega J. The effect of outdoor air pollution on mortality risk: an ecological study from Santiago, Chile. *World Health Stat Q* 1995; 48: 118-125.
13. Jedrychowski W. Ambient air pollution and respiratory health in the east Baltic region. *Scand J Work Environ Health* 1999; 25 Suppl 3: 5-16
14. Lee JT, Shin D, Chung Y. Air pollution and daily mortality in Seoul and Ulsan, Korea. *Environ Health Perspect* 1999 feb; 107(2): 149-154

15. Burnett RT, Cakmak S, Brook JR. The effect on the urban ambient pollution mix on daily mortality rates in 11 Canadian cities. *Can J Public Health* 1998 may-jun;89(3):152-156
16. 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. *Air pollution and health: A European Approach*. *BMJ* 1997 Jun 7;314(7095):1658-1663
17. Ballester F, Corella D, Pérez-Hoyos S, Hervas A. Air pollution and mortality in Valencia, Spain: A study using the APHEA methodology. *J Epidemiol Community Health* 1996; 50: 527-533.
18. Real Decreto 1321/1992, de 30 de octubre, por el que se modifica parcialmente el Real Decreto 1613/1985, de 1 de agosto, y se establecen nuevas normas de calidad del aire referente a la contaminación por dióxido de azufre y partículas. *Boletín Oficial del Estado*, Madrid, Núm. 289 (2-12-1992):40767
19. Sanhueza P, Vargas C, Jiménez J. Daily mortality in Santiago and its relationship with air pollution. *Rev. Med Chil* 1999 feb;127(2):235-242
20. Bremner SA, Anderson HR, Atkinson RW, McMichael AJ, Strachan DP, Bland JM et al. Short-term associations between outdoor air pollution and mortality in London 1992-4. *Occup Environ Med* 1999 Apr; 56(4): 237-244
21. Zmirou D, Schwartz J, Sáez M, Zanobetti A, Wojtyniak B, Touloumi G et al. Time-series analysis of air pollution and cause-specific mortality. *Epidemiology* 1998 sep;9(5):495-503
22. Zmirou D, Barumandzadeh T, Balducci F, Ritter P, Laham G, Ghiraldi JP. Short term effects of air pollution on mortality in the city of Lyon. *J Epidemiol Community Health* 1996; 50 Suppl 1: 30-35.
23. Borja-Aburto V, Loomis D, Bangdiwala S, Shy C, Rascón-Pacheco R. Ozone, Suspended Particulates, and daily mortality in Mexico City. *Am J Epidemiol* 1997; 145(3):258-268
24. Wojtyniak B, Piekarski T. Short term effect of air pollution on mortality in Polish urban population – What is different? *J Epidemiol Community Health* 1996; 50 Suppl 1: 36- 41.
25. Michelozzi P, Forastiere F, Fusco D, Perucci CA, Ostro B, Ancona C et al. Air pollution and daily mortality in Rome, Italy. *Occup Environ Med* 1998 sep;55(9):605-610
26. Spix C, Anderson HR, Schwartz J, Vigotti MA, Le Tertre A, Vonk JM et al. Short-term effects of air pollution on hospital admissions of respiratory diseases in Europe: A quantitative summary of APHEA study results. *Air pollution and health: A European Approach*. *Arch Environ Health* 1998 Jan-Feb;53(1):54-64
27. 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: 455-463.
28. Kelsall JE, Samet JM, Zeger SL, Xu J. Air pollution and mortality in Philadelphia, 1974-1988. *Am J Epidemiol* 1997; 146: 750-762.
29. Sartor F, Snacken R, Demuth C and Walckiers D. Temperature, ambient ozone levels, and mortality during summer 1994, in Belgium. *Environ Res* 1995; 70: 105-113.
30. 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 Suppl 1: 47-51.
31. Schwartz J. Total suspended particulate matter and daily mortality in Cincinnati, Ohio. *Environ Health Perspect* 1994; 102: 186-189.
32. Prescott GJ, Cohen GR, Elton RA, Fowkes FG, Agius RM. Urban air pollution and cardiopulmonary ill health: A 14.5 year time series study. *Occup Environ Med* 1998 oct; 55(19):697-704
33. Téllez-Rojo MM, Romieu I, Ruiz-Velasco S, Lezana MA, Hernández-Avila MM. Daily respiratory mortality and PM₁₀ pollution in Mexico City: Importance of considering place of death. *Eur Respir J*. 2000; 16:391-396.
34. Sunyer J, Spix C, Quenel P, Ponce de León A, Ponka A, Barumandzadeh T et al. Urban air pollution and emergency admissions for asthma in four European cities: The APHEA Project. *Thorax* 1997; 52: 760-5.
35. Anderson HR, Spix C, Medina S, Schouten JP, Castellsague J et al. Air pollution and daily admissions for chronic obstructive pulmonary disease in 6 European cities: results from the APHEA project. *Eur Respir J* 1997; 10: 1064-1071.
36. Sunyer J, Antó JM, Murillo C, Sáez M. Effects of urban air pollution on Emergency room admissions for Chronic Obstructive Pulmonary disease. *Am J Epidemiol* 1991;134: 277-286.
37. Guillén Pérez J, Guillén Grima F, Medrano Tortosa J, García-Marcos Alvarez L, Aguinaga Ontoso I, Níguez Carbonell JC. Afluencia inusual por asma y enfermedad pulmonar obstructiva crónica en urgencias hospitalarias y contaminación por SO₂ en Cartagena. *Rev Esp Salud Publica* 1995; 69: 305-314.