

## EFFECTOS A CORTO PLAZO DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA SOBRE LA MORTALIDAD. RESULTADOS DEL PROYECTO *EMECAM* EN LA CIUDAD DE SEVILLA, 1992-1996 \*

Ricardo Ocaña-Riola (1), Antonio Daponte-Codina (1), Pilar Gutiérrez-Cuadra (1), José María Mayoral-Cortes (2), José Luis Gurucelain-Raposo (3), José Antonio Maldonado-Pérez (4), Javier Serrano-Aguilar (5) y Rosario Garrido-de la Sierra (3).

(1) Escuela Andaluza de Salud Pública. Granada.

(2) Distrito Sanitario de Camas. Sevilla.

(3) Delegación Provincial de Salud. Huelva.

(4) Hospital General de Huelva. Huelva.

(5) Consejería de Medio Ambiente. Sevilla.

(\*) Este trabajo cuenta con una beca del Fondo de Investigaciones Sanitarias (Expediente núm 97/0051-07).

### RESUMEN

**Fundamento:** Dentro del proyecto *EMECAM*, el objetivo de este estudio es evaluar el impacto de la contaminación atmosférica sobre la mortalidad diaria en la ciudad de Sevilla durante el período 1992-1996.

**Métodos:** Durante el período 1992-1996 se recogieron diariamente los valores de inmisión atmosférica de SO<sub>2</sub>, partículas en suspensión (PM<sub>10</sub>) y NO<sub>2</sub> en la ciudad de Sevilla, así como el número de defunciones diarias por distintas causas. Para el análisis de datos se utilizó un modelo de regresión de Poisson multivariante, con el fin de modelar cada una de las causas de mortalidad en función de los valores de inmisión atmosférica, controlando por otras variables de confusión.

**Resultados:** Se encontró una asociación entre los incrementos en los niveles de NO<sub>2</sub> y la mortalidad diaria en los meses de mayo a octubre. Por cada aumento de 10 µg/m<sup>3</sup> de NO<sub>2</sub>, el riesgo de muerte por todas las causas aumentó en un 2%; el mismo incremento en los niveles de NO<sub>2</sub> provocó un aumento del 3% del riesgo de muerte por enfermedades cardiovasculares.

**Conclusiones:** Existe una asociación entre los niveles de contaminación atmosférica por NO<sub>2</sub> y la mortalidad diaria de Sevilla. No se encontró asociación con los niveles de SO<sub>2</sub> y PM<sub>10</sub>. Los resultados obtenidos aportan información y conocimiento científico que puede ser de utilidad para prevenir el impacto de la contaminación atmosférica sobre la salud de la población.

**Palabras clave:** Contaminación atmosférica. Mortalidad. Regresión de Poisson. Series temporales.

### ABSTRACT

#### The Short-term Impact of Air Pollution on the Mortality. Results of the *EMECAM* Project in the city of Seville, 1992-1996

**Background:** As part of the *EMECAM* Project, the objective of this study is that of assessing the impact of air pollution on the daily mortality in Seville throughout the 1992-1996 period.

**Methods:** During the 1992-1996 period, readings were taken daily of the amounts of SO<sub>2</sub>, particles in suspension (PM<sub>10</sub>) and NO<sub>2</sub> present in the air in the city of Seville, in addition to the number of deaths daily due to different causes. For analyzing this data, a multivariable Poisson regression model was used for modeling each one of the causes of death in terms of the air inmission readings, controlling other confusion-causing variables.

**Results:** A relationship was found to exist between the rises in the NO<sub>2</sub> levels and the daily death rate throughout the months of May to October. For each 10 µg/m<sup>3</sup> rise, the risk of death or all causes showed a 2% rise, the same rise in the NO<sub>2</sub> levels leading to a 3% rise in the risk of death resulting from cardiovascular diseases.

**Conclusions:** A relationship exists between the levels of NO<sub>2</sub> air pollution and the daily death rate in Seville. The findings provide scientific knowledge and information which can be of use for preventing the impact of air pollution on human health.

**Key words:** Air pollution. Mortality. Poisson regression. Time series.

Correspondencia:  
Ricardo Ocaña-Riola.  
Escuela Andaluza de Salud Pública.  
Campus Universitario de Cartuja.  
Apdo Correos 2070.  
18080 Granada.  
Telf: 958 161044  
Fax: 958 161142  
Correo electrónico: ricardo@easp.es

## INTRODUCCIÓN

En la Comunidad Autónoma de Andalucía, las emisiones de contaminación atmosférica proceden, fundamentalmente, del tráfico rodado de vehículos y de las instalaciones industriales, aunque existen claras diferencias entre provincias. En Sevilla, una de las mayores ciudades del sur de España, con una población cercana a los 900.000 habitantes<sup>1</sup>, la principal fuente de contaminación es el tráfico de vehículos, representando el 22,3% de la contaminación atmosférica por fuentes móviles de Andalucía. Como consecuencia de este tráfico rodado, los niveles de dióxido de nitrógeno superaron el valor límite en algunas estaciones de la ciudad durante 1995<sup>2</sup>.

El problema de la contaminación atmosférica en Sevilla no es algo reciente. Estudios realizados a principios de los años 70 advertían del aumento de la concentración de anhídrido sulfuroso y la existencia de un grado importante de contaminación por amoníaco. Además, los humos y partículas procedentes del tráfico rodado, industrias y calefacción doméstica, constituían ya en aquellos años una fuente importante de contaminación atmosférica en la ciudad<sup>3, 4</sup>.

Las especiales condiciones climáticas de Sevilla la hacen diferente al resto de provincias andaluzas. Durante todo el año, la temperatura media diaria es superior a la de muchas ciudades andaluzas, llegando a superar los 40 °C en los meses de verano. No es extraño, además, que Sevilla se vea afectada por olas de calor estivales; la última, sufrida en Andalucía central en julio de 1995, provocó en esta ciudad temperaturas máximas de hasta 47 °C, la cual supuso la temperatura más alta alcanzada en los últimos 30 años. En este contexto, algunos autores afirman que, en ciudades de estas características, adquieren mayor relevancia las posibles interacciones entre contaminación atmosférica y temperatura para explicar la mortalidad diaria por distintas causas<sup>5</sup>.

Siguiendo el protocolo de investigación del proyecto EMECAM, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto a corto plazo de los niveles de contaminación atmosférica sobre la mortalidad diaria de Sevilla durante el período 1992-1996.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se registró el número de defunciones diarias ocurridas entre los residentes de Sevilla, durante el período 1992-1996. Los datos fueron tomados del registro de mortalidad de Andalucía, excluyendo las muertes que ocurrieron fuera de la ciudad.

Como variables predictoras se recogieron diariamente los valores medios de inmisión atmosférica de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), partículas en suspensión (PM<sub>10</sub>) y dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), medidos en microgramos por metro cúbico (µgr/m<sup>3</sup>). Los datos, facilitados por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, provienen de las estaciones captadoras de Macarena, Ranilla, Reina Mercedes y Torneo, todas ellas pertenecientes a la red automática de Sevilla.

La temperatura media diaria (en grados centígrados) y la humedad relativa (en porcentaje) se recogieron a partir de los datos del Instituto Nacional de Meteorología. El número de casos semanales de gripe se obtuvo de la Delegación Provincial de Salud, realizándose una estimación posterior de casos diarios.

El análisis estadístico de datos se realizó siguiendo la metodología EMECAM. Mediante los modelos de regresión de Poisson se evaluó el efecto de cada contaminante para todo el período, para el período frío (desde noviembre hasta abril) y para el período cálido (desde mayo hasta octubre). El riesgo relativo (RR) se calculó para un incremento de 10 unidades en el contaminante, junto con el intervalo de confianza al 95%.

## RESULTADOS

Durante el período de estudio se observó una tendencia cíclica en las cuatro causas de muerte analizadas, con patrones anuales muy similares (figura 1). Exceptuando la mortalidad por enfermedades respiratorias, que presenta una tendencia más estable, en el resto se visualizan picos acusados en los meses de diciembre y enero que vuelven a repetirse con la llegada del verano en junio y julio.

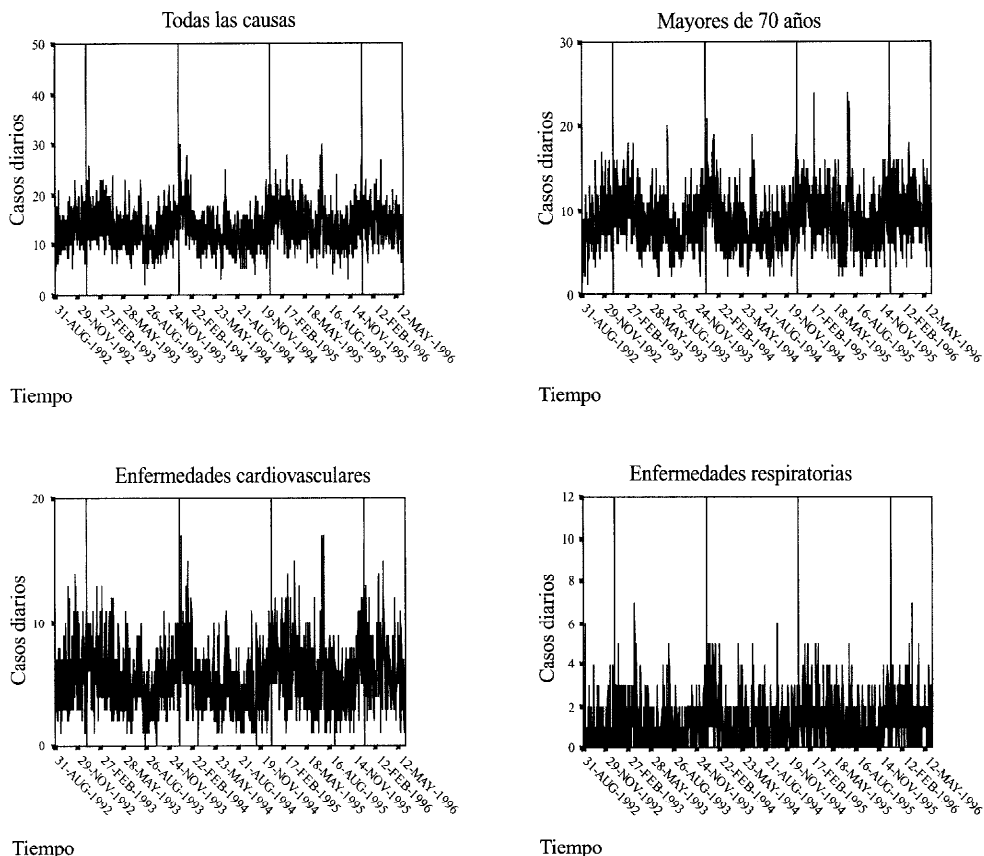
Exceptuando la mortalidad por todas las causas, es en mayores de 70 años en los que, por término medio, existe un mayor número de muertes diarias con cifras que llegan a alcanzar los 24 muertos diarios (tabla 1). Las

enfermedades del aparato circulatorio son la siguiente causa, las cuales presentaron un mayor valor medio de muertes diarias, con máximos locales en los meses de invierno y verano. Por último, las enfermedades del aparato respiratorio fueron las que mostraron una menor mortalidad, con valores que oscilaron entre 0 y 10 fallecimientos por día y una media de 1,2 muertes diarias para todo el período.

Los niveles de contaminación atmosférica de las estaciones captadoras estudiadas no superaron, en ningún caso, los límites establecidos por la normativa legal vigente, observándose una tendencia más o menos estable a lo largo del período (figura 2). Los mayores niveles de contaminación atmosférica

Figura 1

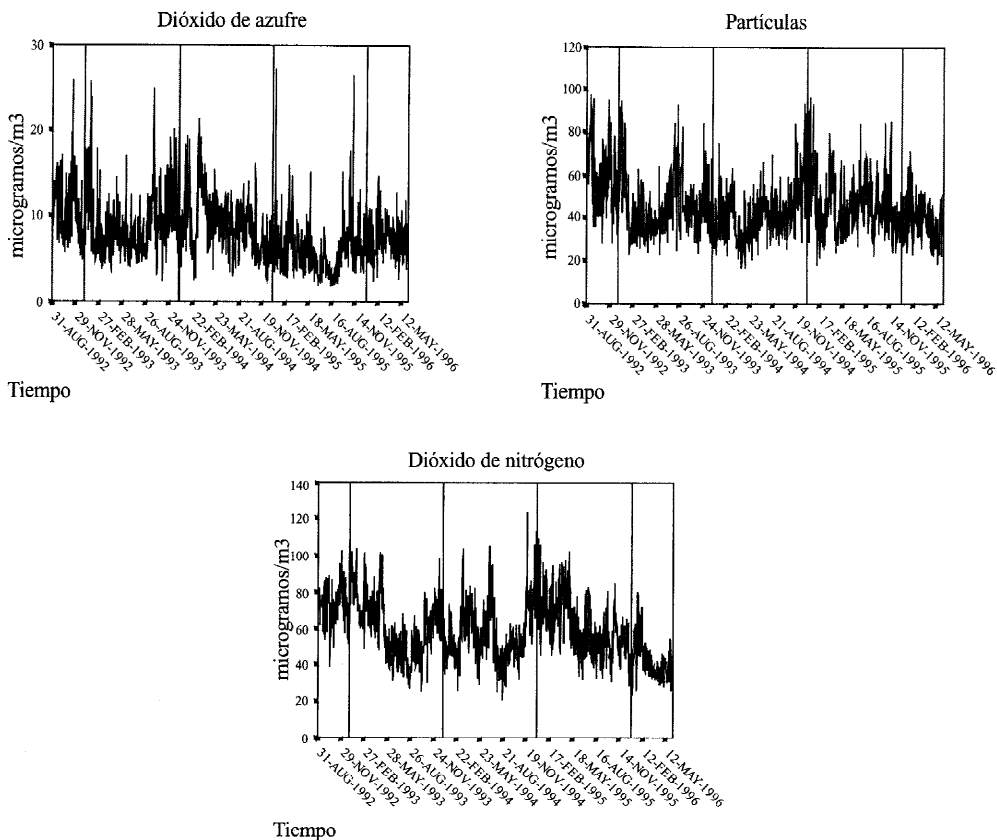
Tendencias en la mortalidad diaria por distintas causas. Sevilla, 1992-1996



**Tabla 1**  
**Estadísticos descriptivos de la mortalidad. Sevilla, 1992-1996**

Causa de mortalidad	Período	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Percentil 10	Mediana	Percentil 90
Todas las causas	Todo	2	44	13,53	4,24	8	13	19
	Cálido	2	30	12,27	3,82	8	12	17
	Frío	3	44	14,68	4,29	10	14	20
Mayores de 70 años	Todo	1	24	8,92	3,42	5	9	13
	Cálido	1	24	7,90	3,15	4	8	12
	Frío	2	24	9,84	3,29	5	10	14
Cardiovasculares	Todo	0	17	5,55	2,63	3	5	9
	Cálido	0	17	4,73	2,39	2	4	8
	Frío	0	17	6,30	2,61	3	6	10
Respiratorias	Todo	0	10	1,20	1,21	0	1	3
	Cálido	0	6	1,03	1,09	0	1	2,4
	Frío	0	10	1,35	1,29	0	1	3

**Figura 2**  
**Tendencias en los niveles diarios de contaminación atmosférica. Sevilla, 1992-1996**



rica se alcanzaron en los meses fríos, siendo el NO<sub>2</sub> el que presentó valores medios más elevados seguido de partículas y SO<sub>2</sub> (tabla 2). Ninguno de los contaminantes estudiados presentó una estacionalidad clara que pueda asemejarse a los patrones de mortalidad mostrados en la figura 1.

En cuanto a la temperatura media diaria, se obtuvo un valor medio de 18.44 °C para todo el período, con valores que alcanzaron por término medio los 34 °C en los meses cálidos (tabla 2). La tendencia es cíclica con periodicidad anual (figura 3).

La tabla 3 muestra los coeficientes, error estándar (entre paréntesis) y retardo de los

contaminantes obtenidos en los modelos de regresión de Poisson multivariante ajustados. Se encontró un efecto del NO<sub>2</sub> sobre la mortalidad por todas las causas y por enfermedades cardiovasculares en el período cálido, con un RR estimado de 1.02 (IC 95%: 1.0003-1.02) y 1.03 (IC 95%: 1.006-1.06) respectivamente por cada incremento del nivel de contaminación en 10 µgr/m<sup>3</sup>.

Para partículas y NO<sub>2</sub> se encontró una asociación negativa con la mortalidad por todas las causas en algunos períodos; una asociación similar se encontró para SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub> en mayores de 70 años.

**Tabla 2**  
Estadísticos descriptivos de las variables predictoras. Sevilla, 1992-1996

Causa de mortalidad	Periodo	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Percentil 10	Mediana	Percentil 90
Temperatura media (°C)	Todo	5,4	34,3	18,44	6,06	11,10	17,65	27,15
	Cálido	12,9	34,3	23,41	43,46	17,52	23,40	29,08
	Frío	5,4	23,9	14,08	34,03	99,00	140,00	18,54
Humedad relativa (%)	Todo	25	97	64,43	14,49	44,00	65,25	83,75
	Cálido	25,75	89,75	57,89	12,81	40,25	58,75	74,25
	Frío	25	97	70,33	13,35	52,15	71,25	87,25
Gripe (casos/día)	Todo	7	1953	306,05	361,82	35	174	755
	Cálido	7	262	88,71	61,65	29	67	192
	Frío	110	1953	502,40	405,68	148	343	1185
SO <sub>2</sub> (µgr/m <sup>3</sup> )V	Todo	1,73	27,18	8,13	3,67	4,06	7,49	12,78
	Cálido	1,73	24,97	7,72	3,28	3,75	7,33	12,08
	Frío	2,35	27,18	8,50	3,96	4,45	7,65	13,69
Partículas (µgr/m <sup>3</sup> )	Todo	16,57	97,52	45,12	14,00	29,27	42,68	64,95
	Cálido	16,58	97,52	44,88	13,17	29,74	42,73	61,97
	Frío	16,57	96,55	45,33	14,71	28,78	42,66	66,24
NO <sub>2</sub> (µgr/m <sup>3</sup> )	Todo	20,85	123,77	58,94	16,64	38,43	57,28	81,68
	Cálido	20,85	105,50	54,14	14,84	37,48	51,68	74,89
	Frío	23,71	123,77	63,28	16,99	39,50	63,57	84,57

Figura 3

Tendencias en la temperatura media diaria. Sevilla, 1992-1996

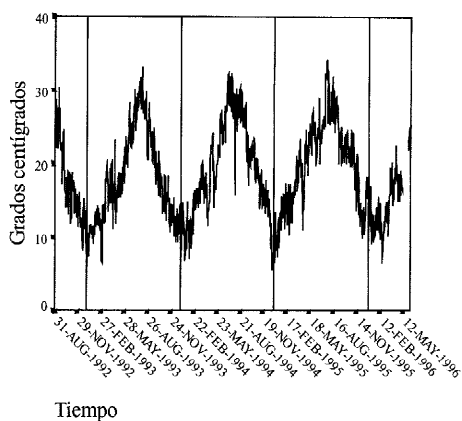


Tabla 3

Asociación entre contaminación atmosférica y mortalidad por distintas causas. Sevilla, 1992-1996

Contaminante	Periodo	Todas las causas		Mayores de 70 años		Enfermedades Circulatorias		Enfermedades Respiratorias	
		Coefficiente *	Re-tardo	Coefficiente *	Re-tardo	Coefficiente *	Re-tardo	Coefficiente *	Re-tardo
SO <sub>2</sub>	Todo	-0,002892 (0,00234)	0	-0,004736 (0,00290)	1	-0,005333 (0,00365)	0	0,010380 (0,00718)	3
	Cálido	-0,005905 (0,00417)	1	-0,011850 (0,00530)	1	0,003548 (0,00370)	3	0,025030 (0,01310)	2
	Frío	0,003314 (0,00262)	2	0,004455 (0,00323)	5	-0,004876 (0,00409)	0	-0,010060 (0,00894)	0
Particulas	Todo	-0,002013 (0,00065)	5	-0,001254 (0,00081)	2	-0,001409 (0,00100)	5	-0,002565 (0,00205)	2
	Cálido	-0,001131 (0,00109)	1	-0,002617 (0,00134)	2	0,002210 (0,00173)	0	-0,004290 (0,00354)	2
	Frío	-0,002396 (0,00077)	5	-0,000671 (0,00095)	5	-0,001482 (0,00117)	5	0,002252 (0,00231)	3
NO <sub>2</sub>	Todo	-0,001103 (0,00059)	0	-0,001264 (0,00075)	0	0,001186 (0,00091)	3	-0,002270 (0,00168)	0
	Cálido	0,001706 (0,00085)	4	0,000722 (0,00116)	0	0,003222 (0,00136)	3	0,003073 (0,00274)	1
	Frío	-0,002566 (0,00072)	0	-0,002256 (0,00089)	0	-0,002111 (0,00109)	0	-0,003705 (0,00204)	0

(\*) Coeficiente del contaminante y error estándar en el modelo de Poisson multivariante.

## CONCLUSIONES

A raíz de estos resultados las principales conclusiones sobre el efecto de la contaminación atmosférica en la mortalidad diaria de Sevilla son:

Se encontró un exceso de mortalidad asociado a incrementos en los niveles de NO<sub>2</sub> durante los meses del período cálido.

Por cada aumento de 10 µg/m<sup>3</sup> de NO<sub>2</sub>, el riesgo de muerte por todas las causas aumenta en un 2%; el mismo incremento en los niveles de NO<sub>2</sub> provoca un aumento del riesgo de muerte por enfermedades cardiovasculares del 3%.

En cuanto a partículas y SO<sub>2</sub>, no se encontró un efecto positivo sobre la mortalidad diaria de Sevilla.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Consejería de Medio Ambiente y al Registro de Mortali-

dad de Andalucía la colaboración prestada para el desarrollo de este estudio.

## BIBLIOGRAFÍA

1. INE. Censos de población y viviendas 1991: nomenclátor de las ciudades, villas, lugares, aldeas y demás entidades de población con especificación de sus núcleos. Madrid: INE; 1993.
2. Consejería de Medio Ambiente (Junta de Andalucía). Medio Ambiente en Andalucía: Informe 1995. Sevilla: Consejería; 1996.
3. Repetto M, Menéndez M. La polución atmosférica en Sevilla, 1970-71. *Rev San Hig Pública* 1971; 45: 921-954.
4. Ferrand C, Blasco P, Kuhn A, Repetto M, Lázaro J, García-Serna D. Contaminación atmosférica en Sevilla (primavera y verano 1974). *Rev San Hig Pública* 1975; 49: 141-158.
5. Katsouyanni K, Pantazopoulou A, Touloumi G et al. Evidence for interaction between air pollution and high temperature in the causation of excess mortality. *Arch Environm Health* 1993; 48: 235-242.