

EFECTOS A CORTO PLAZO DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA SOBRE LA MORTALIDAD: RESULTADOS DEL PROYECTO *EMECAM* EN LA CIUDAD DE PAMPLONA, 1991-95

Inés Aguinaga Ontoso (1,4), Francisco Guillén Grima (1,2), Pedro José Oviedo de Sola (1), M.ª Yugo Floristan Floristan (3), M.ª Sagrario Laborda Santesteban (3), M.ª Teresa Martínez Ramírez. (1), Miguel Angel Martínez González (4).

- (1) Área de Sanidad y Medio ambiente. Ayuntamiento de Pamplona.
 (2) Departamento de Ciencias de la salud. Universidad Publica de Navarra.
 (3) Instituto de Salud Publica. Gobierno de Navarra.
 (4) Departamento de Epidemiología y Salud Publica. Universidad de Navarra.
 (*) Este trabajo cuenta con una beca del Fondo de Investigaciones Sanitarias (Expediente núm 97/0051-06).

RESUMEN

Fundamento: evaluar el impacto a corto plazo de la contaminación atmosférica sobre la mortalidad diaria de la ciudad de Pamplona.

Método: Estudio ecológico con una población de 212.000 habitantes. Se realiza análisis de datos de series temporales, mediante regresión lineal múltiple y regresión de Poisson, con la información de datos de mortalidad diaria, niveles de contaminación atmosférica para Partículas y SO₂, parámetros meteorológicos de temperatura y humedad media diarios y número de casos semanales de gripe, en los años 1991 a 1995.

Resultados: La media de muertes diarias por causas no externas es de 4,15 muertos con un rango de cero a 13 muertes. La ciudad de Pamplona tiene una temperatura media anual de 12,7 °C (-2,3 °C a 31,6 °C) y una humedad relativa del 68,5%. En el modelo, la temperatura (con retardo de un día y retardo de 6 días temperatura al cuadrado) y la humedad (con retardo de un día) esta relacionada con la mortalidad por todas las causas. Pero la mortalidad por causas no externas sólo se relaciona en el modelo con la temperatura (retardo un día, P: 0.035) y cinco días con temperatura al cuadrado (p: 0.028).

Las estimaciones puntuales del riesgo relativo de partículas muestran que el máximo riesgo de morir se produce en las causas respiratorias con un riesgo relativo de 1.13. Sin embargo ninguna de estas asociaciones es estadísticamente significativa. En el caso de Dióxido de Azufre las estimaciones están muy próximas al valor nulo y ninguna de ellas es significativa.

Conclusiones: la Temperatura tiene efecto sobre la mortalidad por todas las causas tanto externas como no externas y la humedad solo tienen efecto sobre la mortalidad por causas no externas. No se ha podido demostrar una influencia de los niveles diarios de contaminación ambiental sobre la mortalidad diaria.

Palabras clave: Mortalidad. Contaminación atmosférica. Series temporales. Temperatura. Humedad. SO₂. Humos. Estudio ecológico.

ABSTRACT

Short-term Effects of Air Pollution on the Mortality. Results of the *EMECAM* Project in the city of Pamplona, 1991-1995

Background: To assess the short-term impact of air pollution on the daily death rate in the city of Pamplona.

Method: Ecological study with a population of 212,000 inhabitants. A time series data analysis is conducted by means of multiple linear regression and Poisson regression, with the daily death rate data, air pollution levels for Particles and SO₂, weather parameters of average relative humidity and temperature daily and number of cases weekly of flu for the 1991-1995 period.

Results: The average number of deaths daily for non-external causes is that of 4.15 deaths, with a range from zero to 13 deaths. The city of Pamplona has a mean annual temperature of 12.7° C (-2.3° C to 31.6° C) and a relative humidity of 68.5%. In the model, the temperature (with a one-day time lag and a six-day time lag temperature squared) and the humidity (with a one-day time lag) is related to the death rate for all causes. But the death rate for non-external causes is only related in the model with the temperature (one-day time lag, P:0.035) and five-day time lag with temperature squared (p: 0.028).

The timely estimates of the relative particle-related risk show that the highest risk of dying stems from respiratory causes with a relative risk of 1.13. However, none of these relationships is statistically significant. In the case of Sulfur Dioxide, the estimates closely near the zero figure, and none of them is significant.

Conclusions: The Temperature has an impact of the death rate for all causes, both external and non-external, and the relative humidity solely has an impact on the death rate for non-external causes. It has not been possible to prove any influence of the daily environmental pollution levels on the daily death rate.

Key words: Mortality. Air pollution. Time series. Temperature. Humidity. SO₂. Fumes. Ecological study.

Correspondencia:
 Inés Aguinaga Ontoso
 Servicio de Epidemiología y Protección Ambiental
 Área de Sanidad y Medio Ambiente
 Ayuntamiento de Pamplona

INTRODUCCIÓN

No se conoce si en ciudades pequeñas y con baja contaminación, como Pamplona, existe relación entre la contaminación atmosférica y la mortalidad. Si se revisan los datos históricos que se poseen puede comprobarse que, durante el tiempo controlado por la Red de Vigilancia Sanitaria de la contaminación atmosférica, no se han producido episodios de interés, ni se han detectado problemas de salud agudos que pudieran estar asociados a la contaminación¹. Este es el primer estudio epidemiológico en nuestra ciudad que mide la relación de la contaminación atmosférica y los efectos en la mortalidad de la población.

La ciudad de Pamplona esta situada en el Norte de España, a 449 metros sobre el nivel del mar, con unas coordenadas geográficas de latitud: 42°49'11"N y longitud 1°38'31"O.

En cuanto a climatología, se halla situada en una zona de transición entre el clima templado oceánico y el mediterráneo continental. El clima lluvioso de Pamplona favorece la depuración vertical de la atmósfera. Por otra parte los vientos de la cuenca son débiles, con una media de 7 Km/h. La dirección dominante es noroeste. Ello contribuye a una escasa dispersión horizontal de los contaminantes, produciéndose además un arrastre de los producidos en la zona norte hacia el núcleo urbano de Pamplona, siguiendo la dirección de los vientos. En el caso de producirse fenómenos de inversión térmica, los contaminantes atmosféricos tienden a difundirse hacia las zonas más bajas, por lo que la especial orografía de la ciudad hace que estos contaminantes se concentren en los barrios de altura inferior.

El término municipal de Pamplona cuenta con 2.378 hectáreas de suelo, siendo el 53% del centro urbano zona ajardinada, calculándose 4 m² de zona ajardinada por habitante.

La contaminación atmosférica en nuestra ciudad, se deriva fundamentalmente de los siguientes focos:

1. Tráfico interurbano: ya que Pamplona constituye un núcleo central de comunicación con Francia y las provincias limítrofes a través de 3 carreteras nacionales.

2. Tráfico intraurbano: es un factor importante en la producción de contaminantes atmosféricos debido a que además del numeroso parque móvil en la ciudad, cuenta con un tráfico comarcal importante debido a la especialización de las distintas zonas de la ciudad.

3. Fuentes fijas: las principales fuentes fijas son las industrias y las calefacciones. Debe tenerse en cuenta que las industrias generalmente se encuentran en polígonos en la periferia de la ciudad.

La Red de Vigilancia Sanitaria de la Contaminación Atmosférica de Navarra viene funcionando, de forma integrada en la correspondiente Red Estatal, desde al año atmosférico 1986/1987. Dispone en Pamplona de 6 captadores de tipo semiautomático de los denominados de bajo volumen, preparados específicamente para determinar las concentraciones de dióxido de azufre y de partículas en suspensión en ambientes exteriores (actualmente se está completando, habiéndose instalado en 1997 una estación atmosférica automática). Estos contaminantes, para los que la Red dispone de sensores, son los principales responsables de la contaminación atmosférica predominante hasta el final de la década de los 80, derivada de las emisiones de contaminantes de la industria pesada y de la producción térmica de energía, de la utilización de combustibles, como el carbón y gasóleo en usos domésticos y de calefacción, así como del tráfico, principalmente pesado, que utilizan gasóleo y otros combustibles por un parque de vehículos con motores de baja eficacia y muy contaminantes.

Desde principios de los años 90 se observa una disminución en la producción de contaminantes en la ciudad, que se explica, fundamentalmente, por la disminución del

tráfico externo, debido a la desviación de este con la realización de las llamadas «rondas de circunvalación» de la ciudad, cuya construcción también ha contribuido a una ligera disminución del tráfico interno.

Además, va acompañado por la sustitución progresiva de los combustibles por otros de menor capacidad contaminante y, en los últimos años, por las campañas para la renovación del parque móvil existente.

En cuanto a la contaminación por fuentes fijas, fundamentalmente calefacciones en el núcleo urbano, se produce una disminución por los planes de sustitución progresiva de los gasóleos utilizados por combustibles menos contaminantes, como el gas natural.

MATERIAL Y MÉTODOS

Este estudio, ecológico con análisis de datos de series temporales, se realizó siguiendo el Protocolo del estudio EMECAM², a partir de datos diarios de los años 1991 a 1995 referidos a la ciudad de Pamplona y 2 municipios limítrofes: Barañain y Burlada. En total, una población de 211.849 habitantes según el censo de 1991, de los cuales 19.603 personas tienen 70 o más años de edad. Se estima una población transeúnte de 14.000 personas/año entre estudiantes y trabajadores, y la peculiaridad añadida del tránsito de personas durante los 9 días de las fiestas de San Fermín en el mes de julio.

La base de datos automáticos de meteorología, temperatura y humedad se adquirió en el Instituto Nacional de Meteorología; aquellos días en los que faltaban datos se completaron consultando el registro manual de temperatura y humedad de la propia estación de meteorología del Aeropuerto de Pamplona, situado en el límite sur de la ciudad.

La mortalidad diaria se obtuvo del Servicio de Epidemiología del Gobierno de Navarra.

En el análisis se utilizaron los datos de 3 captadores de la Red de estaciones, que po-

seían más del 75% de los datos anuales válidos. La intensidad media diaria (IMD) de vehículos en las tres vías donde se sitúan los captadores, es representativa de los puntos con mayor nivel de tráfico en el centro de la ciudad, con valores entre 16.000 y 18.000 vehículos/día (estimados a partir de los datos de IMD del período 97-98).

Durante el período de estudio, no ocurrió ninguna huelga o acontecimiento social con posibilidad de poder influir en alguna modificación de los datos.

RESULTADOS

La media anual de muertes durante el período estudiado fue de 1.595, no encontrándose diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes años, salvo en el caso de las muertes por enfermedades respiratorias ($P < 0,025$) y las enfermedades en mayores de 70 años ($P < 0,01$), para las que en 1991 existió un menor número de muertes (tabla 1). La media de muertes diarias por causas no externas fue de 4,15 fallecimientos, con un rango de cero a 13 muertes.

La ciudad de Pamplona tiene una temperatura media anual de 12,7 °C (-2,3 ° a 31,6 °) y una humedad relativa del 68,5%. En el modelo, la temperatura (con retardo de un día y retardo de 6 días temperatura al cuadrado) y la humedad (con retardo de un día) está relacionada con la mortalidad por todas las causas. Pero la mortalidad por causas no externas sólo se relaciona en el modelo con la temperatura, retardo de un día ($p: 0,035$) y cinco días con temperatura al cuadrado ($p: 0,028$).

Los niveles medios de SO₂ estaban ligeramente correlacionados con los de partículas.

($r = 0,3444$; $p < 0,01$). La media de partículas fue el contaminante que presentó una mayor correlación tanto con la humedad (-0,230) como con la temperatura (0,174).

En la gráfica 1 se presenta la evolución de los niveles de partículas y SO₂ en el centro de la ciudad, desde 1987 hasta 1995. En 1989, a partir de haberse abierto la ronda de circunvalación, disminuye drásticamente la contaminación.

En la tabla 2 se presentan los datos descriptivos de la mortalidad y la contaminación según estación anual. La media más elevada de SO₂ se encontró en invierno, 25.75 µg/m³, siendo la menor en otoño, con un valor de 18.71 µg/m³. El máximo de partículas ocurre en invierno, con un valor medio de 11,26 µg/m³, mientras que

el mínimo ocurre en verano con un valor de 7,71 µg/m³.

En la tabla 3 se presentan los riesgos relativos de mortalidad por las diversas causas, con aumentos de 10 µg/m³ y con aumentos del rango intercuartil de los contaminantes (Q3-Q1). Las estimaciones puntuales del riesgo relativo de partículas muestran que el máximo riesgo de morir se produce en las causas respiratorias con un riesgo relativo de 1.13. Sin embargo, ninguna de estas asociaciones es estadísticamente significativa. En el caso del dióxido de azufre, las estimaciones están muy próximas al valor nulo y ninguna de ellas es significativa.

Figura 1
Evolución niveles contaminantes años: 1987-95

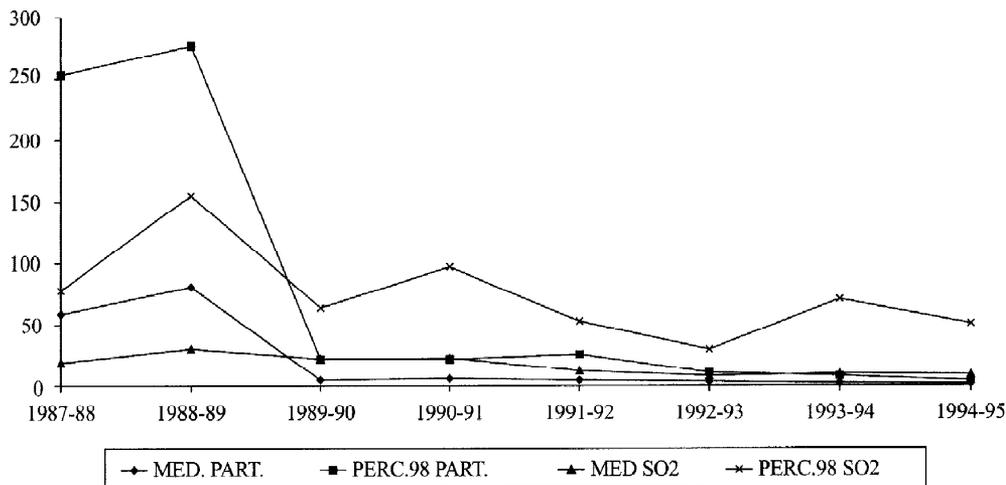


Tabla 1

Número de muertes anual según causa de mortalidad en los residentes de Pamplona, Barañain y Burlada

	Mortalidad total	Mortalidad por causas no externas	Mortalidad por causas respiratorias	M. Circulatoria	Mortalidad en mayores de 70 años
1991	1.573	799	122	553	1.013
1992	1.591	784	164	566	1.100
1993	1.590	780	171	572	1.131
1994	1.645	854	135	587	1.158
1995	1.575	805	172	517	1.091

Tabla 2
Descriptivos de la mortalidad y contaminación según estación anual

	Todo el período			Primavera			Verano			Otoño			Invierno		
	Media	DS	Rango	Media	DS	Rango	Media	DS	Rango	Media	DS	Rango	Media	DS	Rango
Mortalidad Total	4,3	2,1	0-14	4,5	2,2	0-14	4,1	2,0	0-10	4,3	2,1	0-11	4,6	2,1	0-11
Mortalidad Causas no externas	4,1	2,1	0-13	4,3	2,2	0-13	3,8	2,0	0-10	4,1	2,1	0-11	4,4	2,1	0-11
Mortalidad Causa no Externa y > 70 a.	3	1,8	0-10	3,2	1,8	0-10	2,8	1,7	0-8	2,8	1,8	0-9	3,2	1,7	0-9
Mortalidad Circulatorias	1,5	1,3	0-7	1,6	1,3	0-7	1,3	1,2	0-6	1,5	1,2	0-6	1,6	1,3	0-6
Mortalidad Respiratorias	0,4	0,6	0-54	0,5	0,7	0-4	0,3	0,5	0-3	0,4	0,6	0-3	0,5	0,7	0-3
Temperatura media	12,79	6,59	-2,3-31,6	11,37	4,18	-1,20-23,7	20,53	4,12	9,1-31,6	13,19	4,59	2,7-25,4	5,9	3,04	-2,3-15
Humedad media	68,64	12,57	27,75-99,5	65,89	11,50	35-93,5	61,4	9,83	27,7-90,7	70,63	12,55	35,5-95,7	76,8	10,78	30,7-99,5
Media Partículas	21,67	15,71	1-131,9	9,80	6,22	1,3-42,9	7,72	3,92	1,4-37,3	10,04	4,65	1,44-32,3	11,26	6,06	2-38,5
Media SO ₂	9,70	5,45	1,33-42,9	23,44	17,45	1,7-131,9	18,81	14,17	1-112,5	18,71	13,23	1,7-106,3	25,75	16,50	1,3-106,7

Tabla 3
Riesgos relativos y retardos de mortalidad según los contaminantes SO₂ y partículas

Partículas	Mortalidad total	Mortalidad > 70 años	Mortalidad circulat.	Mortalidad. respirat.
RR	1,02985	1,02554	0,97676	1,13360
I. C. del RR	0,98119-1,08094	0,97688-1,07662	0,90064-1,05933	0,96133-1,33674
p	0,234	0,308	0,570	0,136
Retardo	mismo día	mismo día	t-5	t-1
<i>Rango intercuartílico</i>				
RR	1,01781	1,01525	0,98599	1,07814
I.C. del RR	0,98867-1,04781	0,98606-1,04529	0,93913-1,03518	0,97662-1,19022

SO ₂ *	Mortalidad total	Mortalidad > 70 años	Mortalidad circulat.	Mortalidad. respirat.
RR	0,99201	0,99017	0,98551	0,94600
I. C. del RR	0,97659-1,00767	0,97467-1,00591	0,96034-1,01133	0,89408-1,0009
p	0,315	0,22	0,268	0,077
Retardo	t-4	t-4	mismo día	t-1
<i>Rango intercuartílico</i>				
RR	0,98635	0,98322	0,97530	0,90929
I.C. del RR	0,96056-1,01283	0,95699-1,01015	0,93302-1,01949	0,8255-1,00161

* incremento de 10 µg/m³.

CONCLUSIONES

De los resultados anteriores se puede concluir que la temperatura tiene efecto sobre la mortalidad por todas las causas, tanto externas como no externas, y la humedad solo tiene efecto sobre la mortalidad por causas

no externas. No se ha podido detectar una influencia de los niveles diarios de contaminación ambiental sobre la mortalidad diaria en Pamplona. Las razones pueden ser tanto el reducido número de muertes diarias, que haría indetectable el adelanto en las muertes de las personas susceptibles, como los bajos

niveles de contaminación en la ciudad desde la construcción de las rondas de circunvalación, que desviaron gran parte del tráfico rodado que anteriormente atravesaba el centro urbano.

En el proyecto EMECAM está previsto el agrupamiento de los datos de ciudades españolas de pequeño tamaño y mediante un metaanálisis se podrán estudiar los efectos de la contaminación atmosférica, lo que no ha sido posible detectar en nuestra ciudad debido al reducido número de muertes diarias.

AGRADECIMIENTOS

A Conchi Moreno de la Sección de Vigilancia y Control Epidemiológico y a Javier Aldaz de la sección de Protección de la Salud del Gobierno de Navarra.

BIBLIOGRAFÍA

1. Piédrola y Col. Medicina Preventiva y Salud Pública; Masson Salvat; 1991. p. 155.
2. Pérez S, Sáez M, Barceló M. Protocolo *EMECAM*. Análisis del efecto a corto plazo de la contaminación atmosférica sobre la mortalidad. Rev Esp Salud Pública 1999; 73:177-185.