

EFFECTOS A CORTO PLAZO DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA SOBRE LA MORTALIDAD: RESULTADOS DEL PROYECTO *EMECAM* EN EL GRAN BILBAO *

Koldo Cambra Contín (1) y Eva Alonso Fustel (2)

(1) Dirección de Salud Pública. Departamento de Sanidad. Gobierno Vasco.

(2) Dirección Territorial de Sanidad de Bizkaia. Departamento de Sanidad. Gobierno Vasco.

(*) Este trabajo cuenta con una beca del Fondo de Investigaciones Sanitarias (Expediente núm 97/0051-03).

RESUMEN

Fundamento: Los objetivos de este estudio han sido evaluar los efectos a corto plazo de la contaminación atmosférica por dióxido de azufre (SO₂), partículas, dióxido de nitrógeno (NO₂) y humos negros en la mortalidad diaria en el Gran Bilbao.

Métodos: Se ha seguido la metodología del proyecto *EMECAM*.

Resultados: Los incrementos de PST, tanto en valores máximos horarios como medios diarios, se asocian significativamente con la mortalidad por todas las causas, por causa circulatoria y por todas las causas en mayores de 70 años. No se han observado diferencias por semestres. Los aumentos en los niveles medios de NO₂ se asocian a aumentos de mortalidad por causa respiratoria en todo el período y en período cálido y en mayores de 70 años en el semestre frío.

Conclusiones: Los niveles actuales de partículas en suspensión en el Gran Bilbao están asociados con aumentos significativos en la mortalidad. Las asociaciones encontradas entre NO₂ y las muertes por causa respiratoria, muy altas principalmente en el período cálido, requieren investigaciones adicionales que valoren su independencia.

Palabras clave: Proyecto *EMECAM*. Mortalidad. Contaminación atmosférica. Dióxido de nitrógeno. Regresión de Poisson.

ABSTRACT

Short-term Impact of Air Pollution on Daily Mortality: Results of the *EMECAM* Project in the Metropolitan Area of Bilbao

Background: The objective of this study was to assess the short-term impact of air pollution with Sulfur Dioxide (SO₂), Total Suspended Particles (TSP), Nitrogen Dioxide (NO₂) and Black Smoke (BS) on the daily number of deaths in the Metropolitan Area of Bilbao.

Methods: The *EMECAM* project protocol was followed.

Results: Increases in TSP, in both maximum hourly figures and daily averages, are significantly associated with increases in the daily number of deaths from all causes, from circulatory causes and from all causes among those older than 70. No differences between six-month periods were found. NO₂ average levels were associated with daily mortality from respiratory causes in the entire period and during the warm season, and from all causes among those older than 70 in the cool months.

Conclusions: TSP levels are associated with daily mortality in the Metropolitan Area of Bilbao. The relationship between NO₂ and the number of deaths from respiratory causes, very high in the warm season, needs further research to assess its independence.

Key words: *EMECAM* Project. Mortality. Air pollution. Particles. Nitrogen dioxide. Poisson regression.

INTRODUCCIÓN

A finales del siglo XIX se inició la industrialización de Bizkaia en el sector del me-

tal, y tuvo un crecimiento rápido durante los años 60. El Gran Bilbao está constituido actualmente por varios municipios en ambas márgenes de la Ría del Nervión, los cuales forman un mismo entramado urbano con zonas residenciales e industriales entremezcladas. Los niveles de contaminación en los años 70 y parte de los 80 fueron altos, con medias anuales de SO₂ que alcanzaron 150 y 250 µg/m³ en los años 1984-1985¹. La si-

Correspondencia:

Eva Alonso Fustel.

Dirección Territorial de Sanidad de Bizkaia.

C/María Díaz de Haro 60

48010 Bilbao. Teléfono: 944881566; Fax:944881501;

Correo electrónico: tepidebi-san@ej-gv.es.

tuación cambió drásticamente y en los años 90 los niveles de contaminación de la zona han sido similares a los de otras ciudades occidentales del mismo tamaño, a la vez que el tráfico se ha convertido en una fuente muy importante de emisión de contaminantes. El único episodio conocido de los últimos años fue en octubre de 1994, en el que 16 personas fueron atendidas de urgencia por problemas respiratorios. Estos casos fueron atribuidos a la emisión masiva y accidental de SO₂ desde una planta de producción de ácido sulfúrico, lo que produjo unos niveles de inmisión de SO₂ por encima de 1500 µg/m³ durante 15 minutos².

El objetivo de este estudio ha sido evaluar, siguiendo la metodología del proyecto *EMECAM*, los efectos a corto plazo de la contaminación atmosférica por SO₂, partículas, dióxido de nitrógeno (NO₂) y humos negros sobre la mortalidad diaria en el Gran Bilbao.

METODOLOGÍA

Área de estudio

Se han incluido los municipios de Bilbao, Erandio, Leioa, Barakaldo, Sestao, Portugalete y Santurtzi, con una población global, según el censo de 1991, de 667.034 habitantes. Situados junto al mar Cantábrico, su clima es típicamente oceánico, con precipitaciones altas e inviernos suaves.

Información sobre mortalidad y gripe

Se han obtenido el número de defunciones diarias del Registro de Mortalidad de la Comunidad Autónoma, del 1 de abril de 1992 al 31 de marzo de 1996. El número diario de casos de gripe se ha obtenido dividiendo por 7 los casos declarados semanalmente al sistema EDO.

Datos meteorológicos y de contaminación atmosférica

En el Gran Bilbao existe una red automática con 23 puntos de medida de la contaminación, y una red manual con 18 sensores de SO₂ y humos negros, que ha quedado como complementaria de la anterior. En el área de estudio y en el período 1992-1996 existían 15 estaciones automáticas y 8 manuales. Por ser los que cumplían los requisitos de inclusión de la metodología del estudio *EMECAM*, se han empleado los datos de 4 sensores automáticos de dióxido de nitrógeno (NO₂), 7 de SO₂, 5 de partículas totales en suspensión (PST) y 8 de humos negros. Los métodos de medida de los sensores automáticos son por fluorescencia ultravioleta para SO₂, quimiluminiscencia para NO₂ y atenuación de la radiación β para partículas. Se utilizaron los valores máximos horarios y medios diarios de SO₂, partículas totales en suspensión y NO₂. En el caso de los captadores manuales, el método utilizado para humos es el del humo normalizado. Todas las estaciones seleccionadas se encuentran ubicadas en zonas residenciales y no se ven afectadas de manera selectiva por ninguna emisión puntual conocida. Como datos meteorológicos se han utilizado las medias de temperatura y humedad relativa de 4 y 3 estaciones, respectivamente, de la misma Red de Vigilancia, situadas también en los municipios del estudio.

Los datos de red automática han sido facilitados por la Viceconsejería de Medio Ambiente del Gobierno Vasco y los de la red manual por el Laboratorio de la Dirección de Salud Pública.

RESULTADOS

El número medio de muertes diarias por todas las causas ha sido de 13,6; en mayores de 70 años 8,9; por causa circulatoria 4,8 y por respiratoria 1,1 (tabla 1). En todos los días del período de estudio ha habido, al menos, una defunción por todas las causas y por todas las causas en mayores de 70 años.

Tabla 1

Estadísticos descriptivos del número diario de defunciones por varias causas de muerte.
Gran Bilbao, abril 1992-marzo 1996

Causas	Media	Des. Típica	Mínimo	P10	Mediana	P90	Máximo
TODO EL PERÍODO							
Todas menos externas	13,6	4,0	1	9	13	19	28
Idem en + 70 a	8,89	3,26	1	5	9	13	21
Respiratorias	1,11	1,05	0	0	1	2,8	6
Aparato Circulatorio	4,85	2,34	0	2	5	8	14
SEMESTRE FRÍO (NOVIEMBRE-ABRIL)							
Todas menos externas	14,98	3,98	3	10	15	20	28
Idem en + 70 a	9,87	3,27	1	6	10	14	21
Respiratorias	1,34	1,14	0	0	1	3	6
Aparato Circulatorio	5,48	2,40	0	3	5	9	14
SEMESTRE CÁLIDO (MAYO-OCTUBRE)							
Todas menos externas	12,27	3,56	1	8	12	17	25
Idem en + 70 a	7,91	2,94	1	4	8	12	17
Respiratorias	0,89	0,91	0	0	1	2	4
Aparato Circulatorio	4,23	2,10	0	2	4	7	13

Por el contrario, sin ninguna defunción existen 470 días (32,2%) por causa respiratoria y 10 días (0,7%) por causa circulatoria. El número de muertes es mayor en el periodo frío que en el cálido en las cuatro causas de muerte estudiadas.

La media del período de estudio de los valores medios diarios de SO_2 ha sido $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, la de NO_2 $49 \mu\text{g}/\text{m}^3$, la de PST $78 \mu\text{g}/\text{m}^3$, y la de los humos negros $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$. No hay diferencias reseñables entre período cálido y frío. No se han superado ninguno de los valores guía de la OMS³ de SO_2 ni de humos. Por el contrario, el valor medio de NO_2 en el período de estudio supera $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, propuesto por la OMS como valor guía para período anual⁴. La mediana de los valores medios diarios de partículas determinados por atenuación de radiación β es $49 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y 87 días (6%) superan $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (tabla 2).

Los coeficientes de correlación de Pearson entre las series de datos de los puntos de medida oscilaron de 0,1 a 0,7 entre sensores de partículas en suspensión, de 0,1 a 0,6 en

entre los de SO_2 , de 0,5 a 0,7 entre los de humos y de 0,3 a 0,5 entre los de NO_2 . En la tabla 3 se muestran las correlaciones entre los contaminantes. Sin tener en cuenta la correlación entre indicadores temporales distintos (24 horas o 1 hora) del mismo contaminante, las correlaciones más altas se dan entre los humos negros y el SO_2 ($r: 0,66$). La correlación entre PST y los demás contaminantes fue prácticamente la misma (entre 0,34 y 0,37) sin observarse una mayor correlación con humo negro que con NO_2 o SO_2 .

Durante todo el período, incrementos de PST, tanto en valores máximos horarios como en valores medios diarios, se asociaron significativamente con incrementos en el número de defunciones para todas las causas menos las externas en mayores de 70 años, y por causa circulatoria (tabla 4 y figura 1). Los mejores ajustes se han obtenido con los retardos de 0 y 1 día. La asociación encontrada entre partículas en suspensión y mortalidad por causa respiratoria es positiva y al límite de la significación estadística

Tabla 2

Estadísticos descriptivos de las medias de concentración de contaminantes atmosféricos, calculadas según la metodología del proyecto EMECAN. Gran Bilbao abril 1992-marzo 1996

	Media	Des. Típica	Mínimo	P10	P50	P90	Máximo
TODO EL PERÍODO							
Humo Negro	25,8	11,85	6,14	13,57	23,09	40,97	79,36
NO ₂ máximo 1h	78,72	20,37	28,17	55,54	76,03	105,46	185,81
NO ₂ 24 h	49,2	12,32	14,39	34,38	48,78	65,37	100,23
PST máximo 1 h	177,04	95,37	29,17	91,98	155,27	285,17	924,22
PST 24 h	78,41	28,18	18,87	49,48	72,32	112,91	335,79
SO ₂ máximo 1 h	64,22	42,06	11	27,6	53,58	110,22	488,02
SO ₂ 24 h	25,34	12,53	5,89	13	22,01	41,87	107,97
SEMESTRE FRÍO							
Humo Negro	28,96	14,08	6,14	13,57	26	47,18	79,36
NO ₂ máximo 1 h	77,34	19,49	28,17	53,86	75,25	113,9	180,26
NO ₂ 24 h	48,41	12,21	15,58	32,96	48,23	64,45	87,75
PST máximo 1 h	169,29	95,92	57,03	90,58	148,02	262,09	924,22
PST 24 h	77,02	28,52	34,22	49,37	70,68	110,67	335,79
SO ₂ máximo 1 h	63,05	40,92	11	26,93	53,04	109,21	488,02
SO ₂ 24 h	27,13	13,9	6,14	13,16	23,91	46,61	107,97
SEMESTRE CÁLIDO							
Humo Negro	22,69	8,01	8,14	13,57	21,79	33,38	65
NO ₂ máximo 1 h	80,07	21,12	33,04	57,18	76,44	108,45	185,81
NO ₂ 24 h	49,96	12,39	14,39	35,56	48,93	66,36	100,23
PST máximo 1 h	184,64	94,28	29,17	92,29	161,75	301,48	902,64
PST 24 h	79,78	27,79	18,86	49,71	73,83	117,70	218,82
SO ₂ máximo 1 h	65,57	43,15	11,28	28,71	57,85	113,24	468,55
SO ₂ 24 h	23,58	10,74	5,89	12,97	21,36	36,82	97,66

Tabla 3

Correlación entre los contaminantes

	NO ₂ máx. 1 h	NO ₂ 24 h	PST máx. 1 h	PST 24 h	Humo negro	SO ₂ máx. 1 h	SO ₂ 24 h
NO ₂ máx. 1 h	1	0,9000	0,3100	0,3874	0,3946	0,4113	0,4169
NO ₂ 24 h	0,9000	1	0,2721	0,3717	0,4378	0,3906	0,4380
PST máx. 1 h	0,3100	0,2721	1	0,8489	0,1693	0,1269	0,1463
PST 24 h	0,3874	0,3717	0,8489	1	0,3670	0,2639	0,3442
Humo negro	0,3946	0,4378	0,1693	0,3670	1	0,4057	0,6562
SO ₂ máx. 1 h	0,4113	0,3906	0,1269	0,2639	0,4057	1	0,8457
SO ₂ 24 h	0,4169	0,4380	0,1463	0,3442	0,6562	0,8457	1

($p < 0,055$). Probablemente una cuestión a tener en cuenta es que el número de defunciones por esta causa es reducido y la potencia del estudio menor. El riesgo relativo (RR) de morir por todas las causas y por incremento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en los niveles de 24 ho-

ras de PST fue de 1,0083 (IC_{95%}: 1,0030; 1,0136). No hay diferencias estadísticamente significativas entre los RR de todo el período y los calculados para las estaciones fría y cálida. La figura 2 muestra la asociación entre la mortalidad por todas las causas

Figura 1

Riesgos relativos ajustados (intervalos de confianza al 95%) de la mortalidad por aumentos de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de valores medios diarios de PST

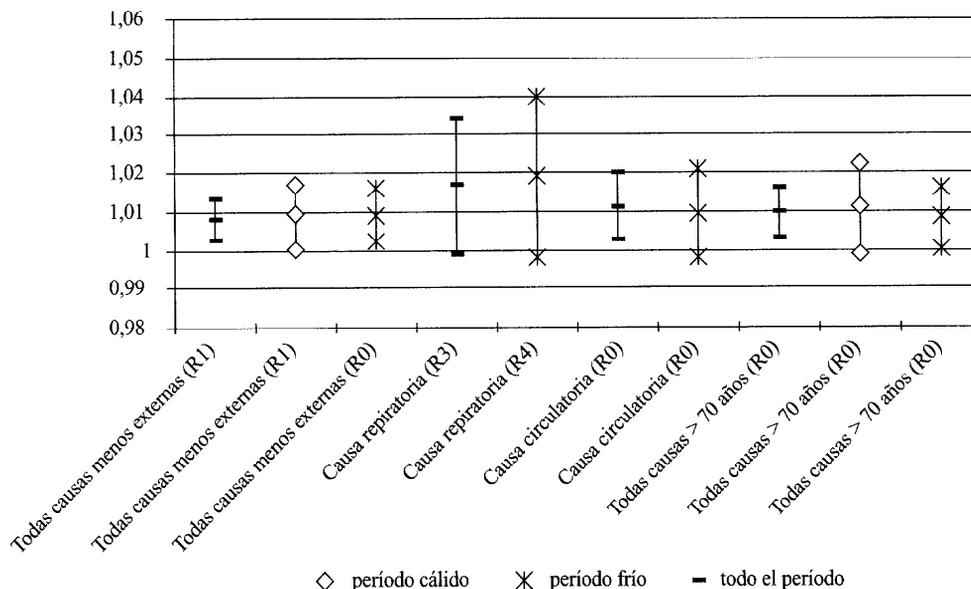
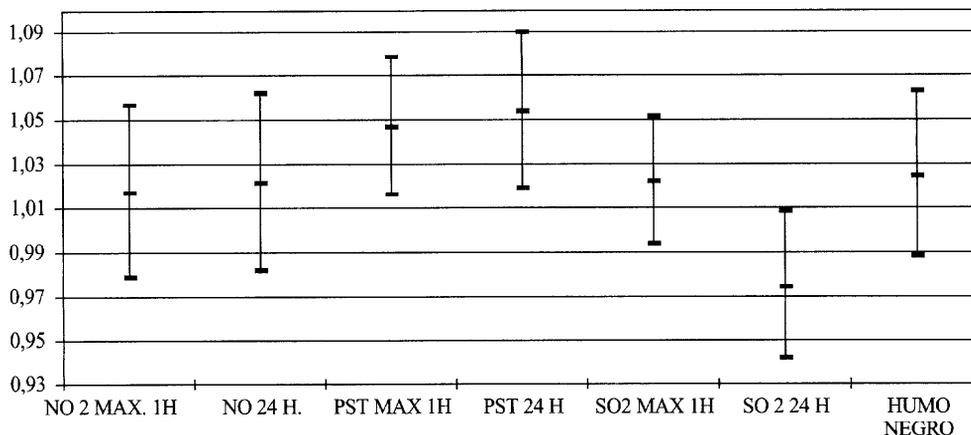


Figura 2

Riesgos relativos ajustados (intervalos de confianza al 95%) de la mortalidad por todas las causas correspondientes a los aumentos equivalentes a las diferencias entre P90 y P10 de cada contaminante



y los aumentos equivalentes a las diferencias entre los percentiles 10 y 90 de los contaminantes. En el caso de las partículas, los aumentos en el número de muertes son del orden del 5%, tanto para los valores medios diarios como los máximos horarios.

Los aumentos en los niveles medios diarios de NO_2 aparecen asociados a aumentos en la mortalidad por causa respiratoria en todo el período (tabla 4), por causa respiratoria en período cálido ($\text{RR}_{10\mu\text{g}/\text{m}^3} = 1.0938$ IC 95% 1,0267-1.1652) y por todas

Tabla 4

Asociación entre incrementos de 10 µg/m³ en la concentración de contaminantes contaminación atmosférica y la mortalidad por varias causas. Gran Bilbao 1992-1996

	Mortalidad por todas las causas		Mortalidad por causa respiratoria		Mortalidad por causa circulatoria		Mortalidad en mayores de 70 años	
	Ret*	RR _{10µg/m³} (IC 95%)**	Ret*	RR _{10µg/m³} (IC 95%)**	Ret*	RR _{10µg/m³} (IC 95%)**	Ret*	RR _{10µg/m³} (IC 95%)**
NO ₂ máx. 1 h	1	1,0034 (0,9958-1,0112)	2	1,0187 (0,9935-1,0446)	0	1,0105 (0,9982-1,0230)	0	1,0060 (0,9968-1,0154)
NO ₂ 24 h	1	1,0068 (0,9942-1,0196)	1	1,0479 (1,0051-1,0926)	0	1,0166 (0,9964-1,0371)	4	0,9854 (0,9707-1,0003)
PST máx. 1 h	1	1,0024 (1,0008-1,0039)	3	1,0048 (0,9999-1,0097)	0	1,0024 (0,9998-1,0050)	0	1,0022 (1,0002-1,0042)
PST 24 h	1	1,0083 (1,0030-1,0136)	3	1,0170 (0,9999-1,0345)	0	1,0118 (1,0030-1,0206)	0	1,0099 (1,0033-1,0166)
SO ₂ máx. 1 h	2	1,0027 (0,9992-1,0061)	3	1,0068 (0,9950-1,0187)	5	0,9957 (0,9898-1,0017)	0	1,0015 (0,9972-1,0059)
SO ₂ 24 h	5	0,9913 (0,9797-1,0030)	4	1,0273 (0,9888-1,0674)	4	0,9795 (0,9607-0,9988)	4	0,9918 (0,9772-1,0065)
Humo negro	1	1,0091 (0,9959-1,0224)	1	1,0298 (0,9889-1,0725)	4	0,9835 (0,9636-1,0037)	1	0,9925 (0,9771-1,0082)

* Ret: Retardo en días.

** Riesgo relativo de mortalidad e intervalo de confianza del 95% para un incremento de concentración de contaminante de 10 µg/m³.

las causas en mayores de 70 años en período frío (RR_{10µg/m³} = 1.1377 IC 95% 1,0731-1.2061).

En cuanto a humos negros, únicamente ha sido estadísticamente significativa la asociación con la mortalidad por causa respiratoria en periodo cálido (RR_{10µg/m³} = 1.1431 IC_{95%}: 1,0322-1,2660). Se han encontrado 3 asociaciones negativas con el retardo 4 de los valores de SO₂ que no han podido ser interpretadas.

En todos los modelos excepto en el de mortalidad por causa respiratoria se mantuvo cierta autocorrelación, que se resolvió introduciendo uno o dos términos autorregresivos.

CONCLUSIÓN

Los resultados anteriores apuntan a que las partículas se asocian a un efecto medible en la mortalidad en la zona del Gran Bilbao, y a que son consistentes con los encontrados internacionalmente. Cuál es su coste en salud, es decir, si estos incrementos en la mortalidad suponen días meses o años de vida perdidos o si son indicativos (como la punta de un iceberg) de una serie de daños en la salud de la población general, difícilmente cuantificables, son preguntas pendientes a las que no se puede dar respuesta con la metodología de

series temporales utilizada en este proyecto. No obstante, estos resultados representan una evidencia de asociación causal entre contaminación y mortalidad suficiente para impulsar políticas preventivas que mejoren la calidad del aire en nuestras ciudades.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Viceconsejería de Medio Ambiente del Gobierno Vasco la información facilitada, y al equipo del IVESP, especialmente a Ferrán Ballester y Santiago Pérez, su iniciativa y empeño, las cuales han hecho posible el proyecto EMECAM.

BIBLIOGRAFÍA

1. Gobierno Vasco. Resumen del estado actual del Medio Ambiente en Euskadi 1986. Vitoria-Gasteiz.: Gobierno Vasco; 1987.
2. World Health Organization. Air Quality Guidelines for Europe. WHO Regional publications European series 23. Copenhagen: WHO; 1987.
3. World Health Organization, Environmental Health Criteria 188. Nitrogen Dioxides. Geneva: WHO; 1997.
4. E. Alonso, K. Cambra, M. Urtiaga. Análisis del episodio de disnea súbita ocurrido por emisión masiva de SO₂ en Barakaldo. VI congreso de la SESPAS/XIII reunión de la SEE. Barcelona; 1995.