

**COLABORACIÓN ESPECIAL****EL PROYECTO EMECAS: PROTOCOLO DEL ESTUDIO MULTICÉNTRICO EN ESPAÑA DE LOS EFECTOS A CORTO PLAZO DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA SOBRE LA SALUD**

**Ferrán Ballester (1), Marc Saez (2), Antonio Daponte (3), Jose María Ordóñez (4), Margarita Taracido (5), Koldo Cambra (6), Federico Arribas (7), Juan B Bellido (8), Jesús J Guillén (9), Inés Aguinaga (10), Álvaro Cañada (11), Elena López (12), Carmen Iñiguez (1), Paz Rodríguez (1), Santiago Pérez-Hoyos (1), María Antonia Barceló (2), Ricardo Ocaña (3) y Emiliano Arán-guez (4) en nombre del grupo EMECAS.**

- (1) Escuela Valenciana de Estudios para la Salud (EVES). Conselleria de Sanidad. Generalitat Valenciana
- (2) Grup de Recerca en Estadística, Economia Aplicada i Salut (GRECS), Universitat de Girona
- (3) Escuela Andaluza de Salud Pública (EASP), Granada
- (4) Dirección General de Salud Pública. Comunidad de Madrid
- (5) Departamento de Medicina Preventiva, Universidad de Santiago de Compostela
- (6) Dirección General de Sanidad del Gobierno Vasco, Vitoria
- (7) Departamento de Sanidad, Bienestar y Trabajo, Diputación General de Aragón, Zaragoza:
- (8) Centro de Salud Pública de Castellón. Generalitat Valenciana
- (9) Centro de Área de Salud Pública de Cartagena, Gobierno Autónomo, Comunidad de Murcia
- (10) Servicio de Epidemiología, Ayuntamiento de Pamplona,
- (11) Dirección General de Salud Pública Gobierno Autónomo, Asturias
- (12) Dirección General de Salud Pública. Consejería de Sanidad de Canarias

**RESUMEN**

El proyecto EMECAM constató el efecto a corto plazo de la contaminación atmosférica sobre la mortalidad en 14 ciudades españolas entre 1990 y 1995. El Estudio Multicéntrico Español de Contaminación Atmosférica y Salud (EMECAS) amplía estos objetivos incorporando al análisis datos de morbilidad hospitalaria, utiliza información más reciente y suma un total de 16 ciudades. Se trata de un estudio ecológico de series temporales, siendo las variables respuesta las defunciones diarias y los ingresos hospitalarios urgentes por enfermedades del aparato circulatorio y enfermedades respiratorias en los residentes de cada ciudad. Contaminantes analizados: partículas en suspensión, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO y O<sub>3</sub>. Variables de control: meteorológicas, de calendario, estacionalidad y tendencia e incidencia de gripe. Análisis estadístico: estimación de la asociación en cada ciudad mediante la construcción de modelos de regresión de Poisson aditivos generalizados, y meta-análisis para la obtención de estimadores conjuntos. Los niveles medios de contaminantes se situaron

Correspondencia:

Ferran Ballester.

Unidad de Epidemiología y Estadística

Escuela Valenciana de Estudios para la Salud (EVES)

C/ Juan de Garay 21

46017 Valencia

Correo electrónico: ballester\_fer@gva.es

**ABSTRACT****The EMECAS Project: Spanish Multicentre Study on Short-Term Health Effects of Air Pollution**

The EMECAM Project demonstrated the short-term effect of air pollution on the death rate in 14 cities in Spain throughout the 1990-1995 period. The Spanish Multicentre Study on Health Effects of Air Pollution (EMECAS) is broadening these objectives by incorporating more recent data, information on hospital disease admissions and totaling 16 Spanish cities. This is an ecological time series study in which the response variables are the daily deaths and the emergency hospitalizations due to circulatory system diseases and respiratory diseases among the residents in each city. Pollutants analyses: suspended particles, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO and O<sub>3</sub>. Control variables: meteorological, calendar, seasonality and influenza trend and incidence. Statistical analysis: estimate of the association in each city by means of the construction of generalized additive Poisson regression models and metanalysis for obtaining combined estimators. The EMECAS Project began with the creation of three working groups (Exposure, Epidemiology and Analysis Methodology) which defined the protocol. The average levels of pollutants were below those established under the current regulations for sulfur dioxide, carbon monoxide and ozone. The NO<sub>2</sub> and PM<sub>10</sub> values were around those established under the regulations (40 mg/m<sup>3</sup>). This is the first study

por debajo de los establecidos por la normativa actual para el dióxido de azufre, el monóxido de carbono y el ozono. Los valores de NO<sub>2</sub> y PM10 se situaron alrededor de los establecidos en la normativa (40 µg/m<sup>3</sup>). Se trata del primer estudio de la relación entre contaminación atmosférica y morbilidad en un conjunto de ciudades españolas. Los niveles de contaminantes estudiados son moderados para algunos contaminantes, aunque en otros, especialmente NO<sub>2</sub> y partículas, podrían representar un problema para el cumplimiento de la normativa vigente.

**Palabras clave:** Contaminación atmosférica. Ingresos hospitalarios. Mortalidad. Enfermedades cardiovasculares. Enfermedades respiratorias. Series temporales.

of the relationship between air pollution and disease rate among one group of Spanish cities. The pollution levels studied are moderate for some pollutants, although for others, especially NO<sub>2</sub> and particles, these levels could entail a problem with regard to complying with the regulations in force.

**Key words:** Air pollution. Hospital admissions. Mortality. Cardiovascular diseases. Respiratory diseases. Time series.

## INTRODUCCIÓN

El estudio de los efectos de la contaminación atmosférica, la vigilancia de los índices de calidad del aire y la intervención para proteger la salud de la población de los riesgos del aire contaminado son aplicaciones fundamentales en Epidemiología y Salud Pública. En los últimos años un número importante de estudios realizados en distintas ciudades ha mostrado que aún a niveles de contaminación atmosférica ambiental considerados como moderados, e incluso bajos, los incrementos de las concentraciones de contaminantes se asocian con efectos nocivos sobre la salud<sup>1</sup>. Entre estos estudios destacan el proyecto APHEA (*Air Pollution and Health: an European Assessment*)<sup>2</sup> en el que participan 35 ciudades europeas, entre ellas Madrid, Barcelona, Valencia y Bilbao, y el estudio NMMAPS (*National Mortality and Morbidity Air Pollution Study*)<sup>3</sup> que incluye las 90 ciudades estadounidenses de mayor población. En España el proyecto EMECAS evalúa la asociación de la contaminación atmosférica con indicadores de mortalidad y morbilidad en la población urbana española. Otros países de Europa han llevado a cabo estudios nacionales que permiten valorar el impacto en poblaciones específicas teniendo en cuenta sus características ambientales, demográficas, sanitarias y socioeconómicas concretas, así como plantear medidas de actuación ligadas a las condiciones específicas de cada ciudad o país<sup>4,5</sup>.

El proyecto EMECAS (Estudio Multicéntrico sobre los Efectos de la Contaminación

Atmosférica en la Salud) es un esfuerzo cooperativo de doce grupos de investigación en el que se evalúa el impacto a corto plazo de la contaminación atmosférica sobre los ingresos hospitalarios y la mortalidad en 16 ciudades españolas. EMECAS es la continuación natural del proyecto EMECAM que se inició en el año 1997 con el fin de evaluar la relación entre contaminación atmosférica y mortalidad. En el estudio EMECAM se incluyeron las ciudades siguientes: Barcelona, Bilbao, Cartagena, Castellón, Gijón, Huelva, Madrid, Oviedo, Pamplona, Sevilla, Valencia, Vigo, Vitoria y Zaragoza y se analizó el impacto a corto plazo de la contaminación atmosférica en la mortalidad<sup>6</sup>. Con el proyecto EMECAS se ha ampliado el número de ciudades estudiadas incluyendo Granada, Las Palmas de Gran Canaria y Santa Cruz de Tenerife, alcanzando una población de estudio cercana a los 10 millones de habitantes. En este nuevo proyecto se incorpora el estudio del impacto de la contaminación sobre los ingresos hospitalarios urgentes, se amplía el número de contaminantes estudiados y el periodo de estudio. Por otro lado los métodos de análisis empleados se han actualizado recogiendo los procedimientos de análisis estadísticos utilizados por los grupos de investigación sobre el tema en el ámbito internacional.

## OBJETIVOS

Como se ha comentado más arriba, el objetivo general del proyecto es estudiar el efecto a corto plazo de la contaminación

atmosférica sobre la morbilidad y mortalidad diaria en el conjunto de las ciudades participantes. Junto a este objetivo general el proyecto plantea los siguientes objetivos específicos:

1. Caracterizar la situación sanitaria actual respecto a la contaminación atmosférica urbana en España.
2. Valorar el impacto agudo de la contaminación atmosférica en la salud de la población urbana de España.
3. Aplicar la metodología de análisis y el abordaje de meta-análisis y de análisis combinado para los estudios con datos de series temporales.
4. Examinar la oportunidad de establecer un sistema de vigilancia epidemiológica de la contaminación atmosférica en nuestro país.

Estos objetivos reflejan unos intereses que contemplan tanto aspectos de investigación etiológica con desarrollo de métodos novedosos de análisis de datos, como de evaluación de la calidad ambiental, su posible impacto en salud y la exploración de posibilidades para la vigilancia en Salud Pública.

Junto a los objetivos anteriores, relativos al ámbito general del proyecto, cada uno de los subproyectos (es decir, los grupos locales) tiene como misión obtener y describir los datos necesarios para el estudio, evaluar el impacto de la contaminación atmosférica en cada una de las ciudades correspondientes y, finalmente, preparar los informes adecuados orientados a los servicios de salud pública y al ámbito científico.

## MÉTODO

Para la consecución de su objetivo principal el proyecto EMECAS utiliza un diseño

ecológico mediante el análisis de series temporales de datos ambientales y de salud. El conjunto de ciudades participantes, su población y periodo a estudio se muestra en la tabla 1. En el proyecto se sigue un proceso de trabajo definido en cuatro fases (figura 1):

### 1. Elaboración del protocolo

La primera fase ha estado configurada por la creación de tres grupos temáticos para la elaboración del protocolo. Dichos grupos son a) el de Exposición, que se ocupa de la definición de las variables ambientales a estudio y los criterios para su selección y construcción; b) el de Epidemiología que define las variables de salud a estudio y establece las bases para su obtención; y c) el grupo de Metodología de Análisis encargado de establecer el protocolo de análisis estadístico. En la tabla 2 se resumen las variables incluidas en el protocolo.

### 2. Creación de las bases de datos

Cada grupo local creó las bases de datos correspondientes a las ciudades incluidas en su grupo siguiendo el protocolo estandarizado.

Los datos de mortalidad se obtuvieron del Registro de Mortalidad de cada Comunidad Autónoma. Dado que el periodo de estudio para la mayoría de las ciudades coincidió con el cambio de la versión<sup>9</sup> a la versión<sup>10</sup> de la Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE) para la codificación de la mortalidad en España, el grupo de Epidemiología elaboró, con la ayuda de expertos nacionales<sup>7</sup>, una tabla de correspondencias para los diagnósticos de interés (tabla 3).

Los datos de ingresos hospitalarios se obtuvieron de los registros hospitalarios del Conjunto Mínimo Básico de Datos (CMBD). Solo se incluyeron los ingresos urgentes. Para la clasificación de la causa de

**Tabla 1**  
**Ciudades participantes en el proyecto EMECAS, población y periodo de estudio**

| Ciudad                       | Población <sup>1</sup> |                 |                         | Periodo de estudio |                        |
|------------------------------|------------------------|-----------------|-------------------------|--------------------|------------------------|
|                              | Total                  | Mayores 70 años | Porcentaje <sup>2</sup> | Mortalidad         | Ingresos hospitalarios |
| <b>Barcelona</b>             | 1.508.805              | 214.807         | 14,2%                   | 1995-1999          | 1995-1999              |
| <b>Bilbao</b>                | 647.761                | 68.468          | 10,6%                   | 1995-1998          | 1995-1998 <sup>3</sup> |
| <b>Cartagena</b>             | 170.483                | 15.851          | 9,3%                    | 1997-1999          | 1997-1999              |
| <b>Castellón<sup>4</sup></b> | 227.709                | 22.648          | 9,9%                    | 1996-1999          | 1996-1999              |
| <b>Gijón</b>                 | 264.381                | 31.410          | 11,9%                   | 1993-1998          | 1993-1998              |
| <b>Granada</b>               | 245.639                | 23.877          | 9,7%                    | 1997-1999          | 1997-1999              |
| <b>Huelva</b>                | 140.676                | 10.669          | 7,6%                    | 1996-1999          | 1996-1999              |
| <b>Las Palmas</b>            | 353.910                | 24.134          | 6,8%                    | 1997-1999          | 1998-1999              |
| <b>Madrid</b>                | 2.866.850              | 344.022         | 12,0%                   | 1994-1998          | 1997-1999              |
| <b>Oviedo</b>                | 200.049                | 23.693          | 11,8%                   | 1993-1998          | 1993-1998              |
| <b>Pamplona</b>              | 243.759                | 23.418          | 9,6%                    | 1995-1999          | 1995-1999              |
| <b>Sevilla</b>               | 697.485                | 62.302          | 8,9%                    | 1996-1999          | 1996-1999              |
| <b>Tenerife</b>              | 203.787                | 16.200          | 7,9%                    | 1997-1999          | 1998-1999              |
| <b>Valencia</b>              | 746.682                | 81.450          | 10,9%                   | 1995-1999          | 1996-1999              |
| <b>Vigo</b>                  | 286.772                | 25.147          | 8,8%                    | 1996-1999          | 1996-1999              |
| <b>Zaragoza</b>              | 601.658                | 66.571          | 11,1%                   | 1995-1999          | 1995-1999              |
| <b>TOTAL</b>                 | 9.406.406              | 1 054 667       | 11,2%                   |                    |                        |

<sup>1</sup> Población según padrón de 1996. <sup>2</sup> Porcentaje de población mayor de 70 años. <sup>3</sup> Bilbao, periodo para enfermedades respiratorias. 1996-1998. <sup>4</sup> Castellón, fecha de comienzo: 1 de abril de 1996

ingreso se utilizó el diagnóstico principal. Tanto para la mortalidad como para los ingresos hospitalarios se restringió el análisis a los sujetos residentes en cada ciudad participante.

Los datos de contaminación atmosférica se han obtenido de las Redes de Vigilancia de la Contaminación Atmosférica en la ciudad o Comunidad Autónoma correspondiente. Para la recogida y construcción de dichas variables se siguió un procedimiento que asegurara la representatividad de las mediciones según los criterios siguientes:

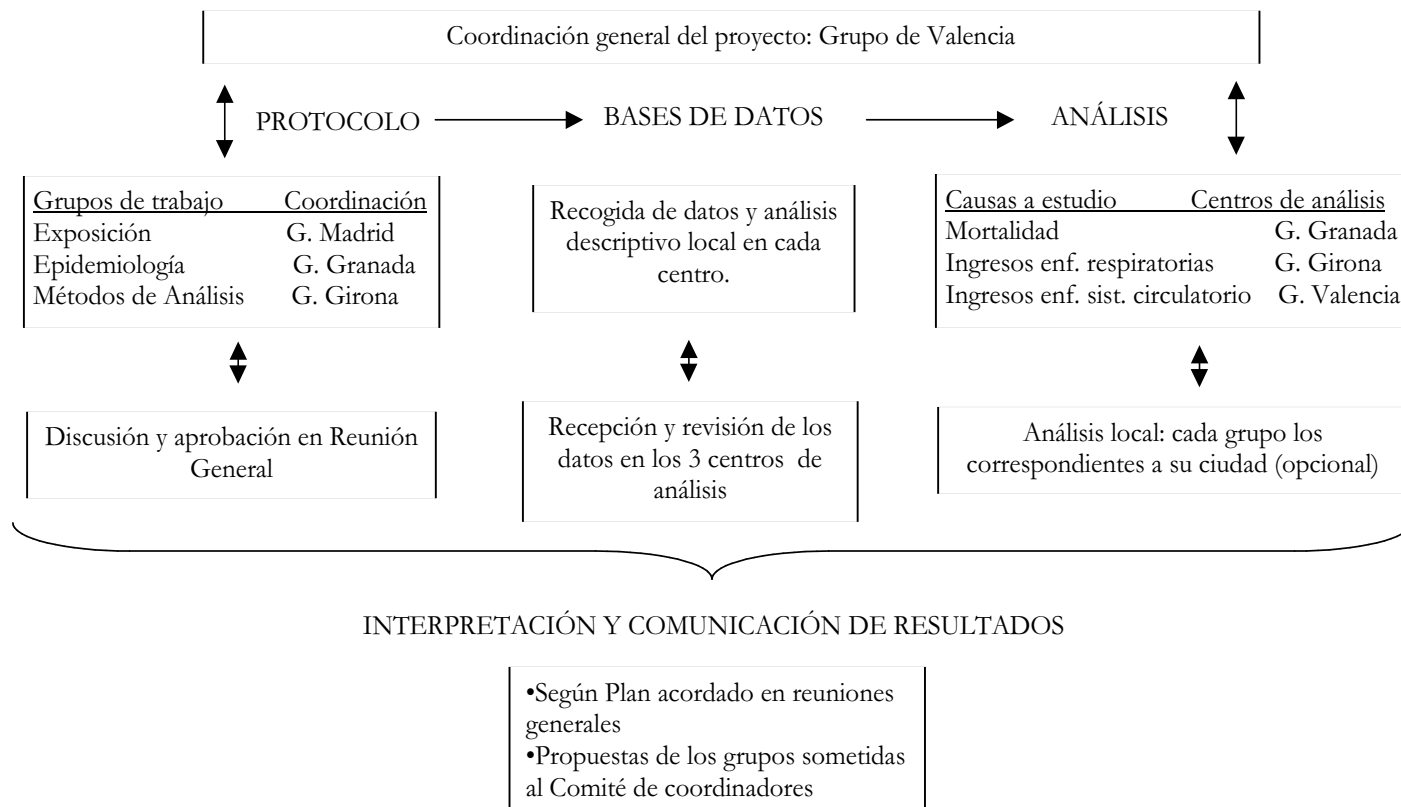
a) Emplazamiento de las estaciones de monitoreo: Se consideraron únicamente las estaciones urbanas.

b) Exhaustividad de las series:

- Datos válidos para una hora: se calcula como el promedio de las concentraciones quinceminutales. Debe disponerse de al menos 3 mediciones (75%) para considerar válido un valor horario.
- Datos válidos para un día. Se considera que una estación aporta información válida para un día si al menos 18 de los valores horarios en ese día son válidos, es decir, cuando se dispone al menos del 75% de los datos para ese día.
- Datos válidos para la serie completa. Se considera, en principio, que una estación aporta información válida para

Figura 1

Esquema de la estructura organizativa y funcional en el proyecto EMECAS



**Tabla 2**

**VARIABLES A ESTUDIO EN EL PROYECTO EMECAS**

**VARIABLES RESPUESTA**

Mortalidad diaria:

**Total**

- Todas las causas excluyendo las externas, CIE-9<sup>1</sup>:001-799
- Todas las causas excepto externas en personas mayores de 70 años, CIE-9:001-799

**Por causas específicas**

- Todas las del aparato circulatorio, CIE-9:390-459
- Cerebrovasculares, CIE-9:430-438
- Total cardíacas, CIE-9:410-414, 427-428
- Isquémicas del corazón, CIE-9:410-414
- Enfermedades respiratorias, CIE-9:460-519

Ingresos hospitalarios urgentes diarios:

**Enfermedades del aparato circulatorio**

- Total de enfermedades del aparato circulatorio
- Total cardíacas
- Enfermedades isquémicas del corazón
- Cerebrovasculares

**Enfermedades respiratorias**

- Total de enfermedades respiratorias
- Asma, CIE-9:493
- Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC), CIE-9:490-492, 494-496

**VARIABLES EXPLICATIVAS.** Niveles diarios de contaminantes:

Promedios de 24 horas

- Partículas (PM10, Humos Negros o partículas totales en suspensión -PTS).
- Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)
- Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>)

Máximos de las medias móviles de 8 horas

- Monóxido de carbono (CO)
- Ozono (O<sub>3</sub>)

Máximo de 1 hora

- SO<sub>2</sub>
- NO<sub>2</sub>
- CO
- O<sub>3</sub>

**VARIABLES DE CONTROL**

VARIABLES METEOROLÓGICAS, promedios diarios de:

- Temperatura máxima y mínima diaria
- Humedad
- Presión atmosférica

Polen, (granos de polen/m<sup>3</sup> diarios) de:

- Polen total
- Gramíneas

Otras variables

- Casos diarios de gripe
- Fiestas
- Días de la semana
- Días inusuales como huelgas, etc
- Olas de calor

<sup>1</sup> CIE-9: Clasificación Internacional de Enfermedades, Versión 9.

Tabla 3

Correspondencias para la codificación de las causas de muerte según CIE-9 y CIE-10 para EMECAS

| Causa de Muerte  | Códigos CIE-9    | Códigos CIE-10 (año 1999)           |
|--|------------------|-------------------------------------|
| Todas las causas menos externas                              | 001-799          | A00-R99                             |
| Enfermedades del aparato circulatorio                        | 390-459          | I00-I99,G45, M30, M31,R98,R99,R09.2 |
| Enfermedades cerebrovasculares                               | 430-438          | I60-I69,G45                         |
| Total Cardíacas  | 410-414, 427-428 | I20-I25, I46-I50, R98, R99, R09.2   |
| Enfermedades isquémicas del corazón                          | 410-414          | I20-I25                             |
| Enfermedades respiratorias                                   | 460-519          | J00-J95, J97-J99, R09.1             |
| Todas las causas menos externas en personas de 70 y más años | 001-799          | A00-R99                             |

CIE: Clasificación Internacional de Enfermedades

toda la serie si al menos el 75% de los días en dicha estación son considerados como válidos.

c) Número mínimo de estaciones captadoras: solo se consideró aquellos contaminantes de los que se disponían series válidas de, al menos, tres estaciones captadoras. En el caso del ozono el mínimo considerado fue de dos estaciones.

d) Imputación de valores perdidos: Se aplicaron técnicas para la imputación de valores perdidos en cada una de las estaciones seleccionadas por medio de modelos de regresión basados en los valores de las restantes estaciones con datos válidos para ese día.

Los datos meteorológicos se obtuvieron de los centros correspondientes del Instituto Nacional de Meteorología y la información sobre incidencia de gripe se obtuvo de los servicios de epidemiología de los municipios y comunidades autónomas. Los datos de polen únicamente se obtuvieron en la mitad de las ciudades, por lo que no han sido incluidos en los análisis en esta fase.

### 3. Análisis estadístico

El análisis estadístico se lleva a cabo de manera centralizada en los tres centros de

análisis indicados en la figura 1. Además los centros locales que lo han estimado oportuno realizan el análisis de los datos de las series correspondientes a su ciudad. El protocolo incluye la realización de un análisis de sensibilidad, es decir, todos los análisis deben ser realizados en al menos dos centros diferentes para cotejar los resultados obtenidos. El protocolo de análisis estadístico incluye dos fases:

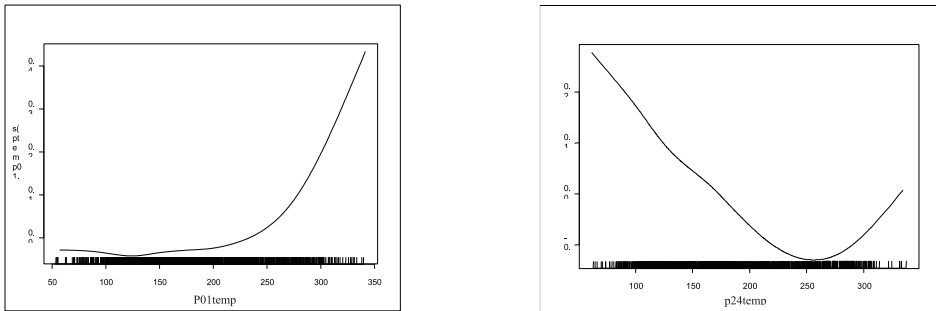
#### a) El análisis para los datos de cada ciudad

Para cada serie de indicadores de salud (causas de mortalidad o de ingresos hospitalarios) se ajusta un modelo aditivo generalizado (GAM) de Poisson. Los modelos GAM tienen la ventaja de permitir el ajuste de variables cuya forma no es lineal, como el caso de la temperatura.

En primer lugar se ajusta un modelo incluyendo las variables de control por medio de funciones de suavizado para las variables continuas. En el caso de la temperatura se introducen dos términos de suavizado («spline»), uno para el control del efecto más inmediato (dominado por el calor) y otro para el control del efecto algo más retrasado (dominado por las temperaturas bajas) (figura 2). En segundo lugar se introducen las variables de calendario (días de la semana, festivos y días inusuales) en forma de variables categó-

Figura 2

Forma de la relación entre las defunciones diarias por todas las causas menos las externas y la temperatura media. Sevilla 1996-1999



La figura de la izquierda muestra el resultado de ajustar las defunciones diarias con el promedio de la temperatura media del mismo día y el día anterior (ptem01) mediante una función 'spline' con cuatro grados de libertad. La figura de la derecha se corresponde con los resultados de ajustar las series de mortalidad por el promedio de la temperatura media de los retardos dos al cuatro (ptemp24). En los dos casos se ha ajustado por tendencia y estacionalidad. El eje vertical corresponde al modelo predicho para mortalidad después de ajustar con cada uno de los modelos. Los valores de temperatura se muestran en el eje horizontal y la unidad en que aparecen son décimas de grado centígrado.

ricas. Posteriormente se introduce la variable tendencia mediante una función de suavizado 'loess'. Para la selección de los grados de ajuste se utiliza el Criterio de Información de Akaike y el de reducción de la autocorrelación parcial. Por último, se obtuvieron los estimadores de los efectos de cada contaminante ajustando por cada uno de los demás contaminantes (modelos de dos contaminantes). Una descripción más detallada del método utilizado así como una comparación con el procedimiento utilizado en los primeros análisis del proyecto se puede encontrar en Iñiguez et al<sup>8</sup>.

Los datos se analizan con la función GAM del programa S-Plus. Con el fin de evitar sesgos en los coeficientes de regresión debido a la falta de convergencia por el procedimiento GAM que aparece por defecto en dicho programa estadístico, se utilizan criterios de convergencia más estrictos<sup>9</sup>.

b) *Análisis combinado*

El conjunto de los resultados se obtiene mediante técnicas de metaanálisis. Los estimadores individuales de los efectos específi-

cos para cada una de las ciudades se combinaron mediante modelos de 'efectos fijos', en los que se obtiene una media ponderada de los coeficientes de regresión específicos en cada ciudad, siendo los pesos el inverso de la varianza correspondiente<sup>10</sup>. Si existe heterogeneidad significativa se utilizan modelos de 'efectos aleatorios'. Se considera que existe heterogeneidad cuando el valor de *p* es menor de 0,20.

El desarrollo del método de análisis para EMECAS ha servido para el reanálisis de los datos del proyecto EMECAM con técnicas que permiten el mejor control de las formas no paramétricas que las que se utilizaron en la primera fase del proyecto<sup>6</sup>. El resultado de ese reanálisis fue publicado recientemente y en la figura 3 se muestra un resumen de los mismos.

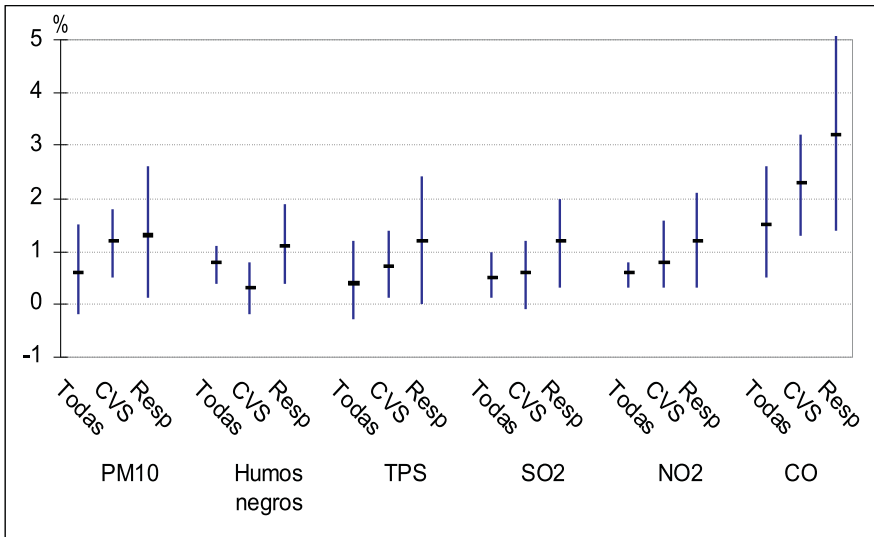
**4. Interpretación y comunicación de resultados**

En el proyecto EMECAS los análisis realizados según el Plan Estratégico se presen-



Figura 3

Asociación entre contaminación atmosférica y la mortalidad. Datos estudio EMECAM y método de análisis de EMECAS. Expresado como el aumento (en %) en el número de defunciones diarias (y su intervalo de confianza al 95%) asociado con el incremento de 10 µg/m<sup>3</sup> (1 mg/m<sup>3</sup> para el CO) en los promedios de las concentraciones del contaminante del mismo día y el día anterior



Todas: Defunciones por todas las causas menos las externas. CVS: Defunciones por causas del aparato circulatorio. Resp: Defunciones por causas respiratorias. Modelos de un contaminante. Fuente: Ballester et al<sup>11</sup>

tan a todos los grupos participantes y se discuten bien por vía electrónica o en las reuniones generales. Durante el proceso de construcción de las bases de datos y análisis se han ido presentando resultados del proyecto en diferentes congresos y reuniones científicas. En la reunión general que tuvo lugar en noviembre de 2002 en Girona se aprobó el Plan de Publicaciones que consistió en designar los temas y autores responsables de preparar los manuscritos siguientes: resultados del análisis de las bases EMECAM con metodología EMECAS<sup>11</sup>, presentación del diseño y descriptivos del proyecto (fase en la que nos encontramos) y la preparación de un manuscrito, como mínimo, con los resultados de la asociación de los contaminantes con cada uno de los grupos de causas, es decir mortalidad, ingresos por enfermedades cardiovasculares e ingresos por

enfermedades respiratorias que estarán finalizados durante el año 2005.

## RESULTADOS DESCRIPTIVOS Y COMENTARIOS

### 1. Valores de las variables dependientes por ciudades

Las tasas diarias de mortalidad por todas las causas menos las externas oscilaron alrededor de las dos defunciones por 100.000 habitantes-día, correspondiente a 7,3 por 1000 habitantes-año (tabla 4). Los valores más altos los presentó Barcelona (2,6 por 100.000), ciudad con el mayor porcentaje de residentes más de 70 años (14,2%).

Los valores diarios de ingresos hospitalarios por causas muestran unas frecuencias

Tabla 4

Media y desviación típica (DT) del número diario de defunciones y de ingresos hospitalarios en las ciudades participantes

| Ciudad                | Defunciones                            |      |                                 | Ingresos hospitalarios               |      |                                 |                            |      |                                 | Razón<br>Circulatorias<br>Respiratorias |
|-----------------------|--|------|---------------------------------|--------------------------------------|------|---------------------------------|----------------------------|------|---------------------------------|---|
|                       | Todas las causas menos las<br>externas |      |                                 | Enfermedades sistema<br>circulatorio |      |                                 | Enfermedades respiratorias |      |                                 |   |
|                       | media                                  | DT   | Tasa <sup>1</sup><br>(x 100000) | media                                | DT   | Tasa <sup>1</sup><br>(x 100000) | media                      | DT   | Tasa <sup>1</sup><br>(x 100000) |   |
| Barcelona             | 39,6                                   | 8,7  | 2,6                             | 35,7                                 | 8,7  | 2,4                             | 34,2                       | 14,3 | 2,3                             | 1,04                                    |
| Bilbao                | 13,8                                   | 4,1  | 2,1                             | 13,3                                 | 4,6  | 2,1                             | 12,4                       | 5,7  | 1,9                             | 1,08                                    |
| Cartagena             | 3,8                                    | 2,1  | 2,2                             | 4,8                                  | 2,3  | 2,8                             | 3,1                        | 2,3  | 1,8                             | 1,57                                    |
| Castellón             | 4,4                                    | 2,2  | 1,9                             | 4,6                                  | 2,2  | 2,0                             | 2,9                        | 2,3  | 1,3                             | 1,58                                    |
| Gijón                 | 6,5                                    | 2,7  | 2,4                             | 6,7                                  | 2,8  | 2,5                             | 6,6                        | 3,6  | 2,5                             | 1,02                                    |
| Granada               | 5,8                                    | 2,6  | 2,4                             | 4,6                                  | 2,4  | 1,9                             | 4,4                        | 2,8  | 1,8                             | 1,05                                    |
| Huelva                | 3,4                                    | 1,9  | 2,4                             | 4,8                                  | 2,5  | 3,4                             | 2,3                        | 1,8  | 1,6                             | 2,08                                    |
| Las Palmas            | 7,2                                    | 2,8  | 2,0                             | 9,0                                  | 3,82 | 2,5                             | 7,6                        | 4    | 2,2                             | 1,17                                    |
| Madrid <sup>2</sup>   | 60,3                                   | 11,1 | 2,1                             | 30,4                                 | 8,2  | np                              | 24,4                       | 11,0 | np                              | 1,25                                    |
| Oviedo                | 4,6                                    | 2,2  | 2,3                             | 4,4                                  | 2,3  | 2,2                             | 3,3                        | 2,1  | 1,7                             | 1,33                                    |
| Pamplona              | 5,2                                    | 2,3  | 2,1                             | 5,0                                  | 2,5  | 2,0                             | 4,6                        | 2,9  | 1,9                             | 1,08                                    |
| Sevilla               | 15,4                                   | 4,7  | 2,2                             | 16,6                                 | 6,1  | 2,4                             | 8,5                        | 5,3  | 1,2                             | 1,95                                    |
| Tenerife <sup>3</sup> | 4,2                                    | 2,1  | 2,1                             | 8,4                                  | 3,9  | np                              | 5,9                        | 3,4  | np                              | 1,41                                    |
| Valencia              | 16,9                                   | 5,1  | 2,3                             | 12,3                                 | 4,1  | 1,7                             | 9,1                        | 4,2  | 1,2                             | 1,35                                    |
| Vigo                  | 5,7                                    | 2,6  | 2,0                             | 5,4                                  | 3,0  | 1,9                             | 4,4                        | 3,1  | 1,5                             | 1,23                                    |
| Zaragoza              | 14,0                                   | 4,3  | 2,3                             | 14,5                                 | 4,5  | 2,4                             | 8,6                        | 4,9  | 1,4                             | 1,69                                    |

<sup>1</sup> Tasa de defunciones, o ingresos, por 100.000 habitantes-día.

<sup>2</sup> Los datos de ingresos hospitalarios utilizados corresponden, aproximadamente, a dos tercios de los ingresos totales.

<sup>3</sup> Los datos de ingresos hospitalarios utilizados corresponden a toda el área de referencia

np: no procede

también alrededor de los dos ingresos por 100.000 habitantes y día, algo por encima para los ingresos por causas del aparato circulatorio y, en general, por debajo de esa cifra para enfermedades respiratorias (tabla 4).

A diferencia de los datos de mortalidad, las tasas poblacionales de ingresos hospitalarios deben ser valoradas con mayor precaución antes de hacer comparaciones entre ciudades, ya que pueden existir limitaciones en la exhaustividad de dicha información. En Madrid no se pudo disponer de las series completas de ingresos para todos los hospitales, por lo que se excluyeron cuatro hospitales del estudio. En Tenerife no se pudo distinguir el número de ingresos de la ciudad de los del resto de ingresos del hospital. Este hecho unido a la disponibilidad de únicamente dos años para las series de ingresos hospitalarios ha llevado a la decisión de no incluir las ciudades de Las Palmas de Gran

Canaria y de Santa Cruz de Tenerife en los análisis combinados para ingresos hospitalarios. Del resto de ciudades destaca la alta frecuencia de ingresos por enfermedades del sistema circulatorio en Huelva y Cartagena, así como las tasas altas de ingresos por causas respiratorias en Gijón y Barcelona.

## 2. Valores de las variables de contaminación atmosférica por ciudades

En la tabla 5 se muestran los resultados de los contaminantes que se corresponden con el periodo a estudio de ingresos hospitalarios. En primer lugar se puede observar que no se dispuso de todos los contaminantes en cada una de las ciudades. Esto es especialmente destacable para las partículas, en las

Tabla 5

Descriptivos de las variables de contaminación atmosférica en el proyecto EMECAS (medidas en µg/m<sup>3</sup>, excepto para el CO en mg/m<sup>3</sup>). Promedio de las concentraciones diarias (máximo de la media móvil de 8 horas para CO y O<sub>3</sub>) y percentiles 10 y 90. El periodo de estudio es el mismo que el de ingresos hospitalarios (ver tabla 1)

| Ciudad              | Partículas                                      |      |                |       |  |      |       |                  |                 |      |      |      | NO <sub>2</sub>    |     |     | CO-8h                     |      |      | O <sub>3</sub> -8h |     |     |
|---------------------|---|------|----------------|-------|--|------|-------|------------------|-----------------|------|------|------|--------------------|-----|-----|---------------------------|------|------|--------------------|-----|-----|
|                     | PTS o PM <sub>10</sub>                          |      |                |       | Humos Negros                                     |      |       |                  | SO <sub>2</sub> |      |      |      | Quimiluminiscencia |     |     | Absorción por infrarrojos |      |      | Absorción UV       |     |     |
|                     | Atenuación de la radiación β o balanza inercial |      | Reflectometría |       | Fluorescencia ultravioleta o Thorina (manual: m) |      | Media |                  | P10             |      | P90  |      | Media              | P10 | P90 | Media                     | P10  | P90  | Media              | P10 | P90 |
| Barcelona           | PTS   | 51,8 | 29,4           | 78,8  | 35,0   | 19,4 | 53,0  | 15,5             | 6,6             | 27,9 | 51,5 | 29,5 | 74,4               | 1,7 | 0,4 | 3,4                       | 68,8 | 41,5 | 99,1               |     |     |
| Bilbao              | PTS   | 58,3 | 30,3           | 92,3  | 18,5   | 8,8  | 31,0  | 18,6             | 10,2            | 29,3 | 51,6 | 36,9 | 66,7               | 1,4 | 0,9 | 2,0                       | 54,1 | 28,3 | 81,6               |     |     |
| Cartagena           | PTS   | 54,9 | 32,5           | 79,9  |  |      |       | 27,1             | 14,6            | 40,8 |      |      |                    |     |     |                           | 54,2 | 36,7 | 73,8               |     |     |
| Castellón           | PTS   | 60,4 | 32,0           | 92,1  |  |      |       | 7,7              | 3,8             | 12,7 | 23,4 | 11,4 | 39,2               |     |     |                           | 88,5 | 66,6 | 110,3              |     |     |
| Gijón               | PTS   | 77,4 | 47,4           | 118,3 |  |      |       | 29,4             | 10,3            | 52,4 | 43,7 | 29,1 | 59,9               | 2,3 | 1,1 | 3,9                       | 48,4 | 21,3 | 76,3               |     |     |
| Granada             | PM10  | 43,2 | 24,8           | 62,6  |  |      |       | 19,1             | 8,8             | 31,5 | 65,9 | 46,3 | 86,1               | 2,8 | 1,7 | 4,1                       | 74,4 | 46,8 | 103,3              |     |     |
| Huelva              | PTS   | 38,6 | 23,1           | 57,3  |  |      |       | 11,9             | 4,5             | 22,6 | 30,7 | 17,6 | 46,1               |     |     |                           | 80,2 | 47,2 | 118,9              |     |     |
| Las Palmas          | PTS   | 63,4 | 30,3           | 94,7  |  |      |       | 13,7             | 7,0             | 21,9 | 43,1 | 7,3  | 78,6               | 2,2 | 0,4 | 4,2                       | 17,2 | 9,3  | 27,3               |     |     |
| Madrid <sup>3</sup> | PM <sub>10</sub>                                | 34,5 | 21,2           | 51,8  |  |      |       | 23,3             | 9,0             | 43,8 | 66,9 | 46,9 | 90,7               | 1,8 | 0,8 | 3,3                       | 58,4 | 29,2 | 91,3               |     |     |
| Oviedo              | PTS   | 76,0 | 48,3           | 111,8 |  |      |       | 40,9             | 16,3            | 75,5 | 50,5 | 33,3 | 68,6               | 1,9 | 0,9 | 3,3                       |      |      |                    |     |     |
| Pamplona            |   |      |                |       | 7,4  | 2,3  | 13,0  |                  |                 |      |      |      |                    |     |     |                           |      |      |                    |     |     |
| Sevilla             | PM10  | 41,9 | 27,3           | 57,6  |  |      |       | 7,6 <sup>m</sup> | 1,8             | 17,0 | 43,7 | 28,1 | 60,0               | 1,7 | 0,9 | 2,8                       | 60,9 | 35,4 | 88,2               |     |     |
| Tenerife            | PTS   | 46,1 | 19,8           | 76,6  |  |      |       | 13,5             | 7,7             | 20,6 | 26,2 | 13,8 | 40,7               | 1,1 | 0,3 | 2,1                       | 33,6 | 13,0 | 57,2               |     |     |
| Valencia            | PTS   | 61,0 | 44,1           | 80,7  |  |      |       | 16,6             | 9,4             | 24,4 | 76,2 | 55,9 | 99,6               | 2,6 | 1,6 | 3,8                       | 46,0 | 30,8 | 59,1               |     |     |
| Vigo                |   |      |                |       | 79,4   | 43,9 | 122,3 | 9,3 <sup>m</sup> | 2,6             | 18,2 |      |      |                    |     |     |                           |      |      |                    |     |     |
| Zaragoza            | PM10  | 32,8 | 17,3           | 50,3  |  |      |       | 9,3              | 2,0             | 19,9 | 47,8 | 25,6 | 75,0               |     |     |                           | 45,9 | 26,2 | 73,7               |     |     |

1 Estación cálida: de Mayo a Octubre, ambos inclusive.

2 Tipo de indicador de partículas medido: PTS o PM<sub>10</sub>.

3 Los datos de Madrid corresponden al periodo 1994-1998

que se ha utilizado tres tipos distintos de indicadores: 5 ciudades dispusieron de PM<sub>10</sub>, 6 de humos negros y 9 de PTS. Los promedios de PM<sub>10</sub> se sitúan alrededor de los 40 µg/m<sup>3</sup>, los de humos negros van de 7,4 a 79,4 µg/m<sup>3</sup> y los de PTS de 46,1 a 77,4 µg/m<sub>3</sub>. Los niveles medios del resto de contaminantes oscilan entre 15 y 41 µg/m<sup>3</sup> para el SO<sub>2</sub>, 1,1-2,8 mg/m<sub>3</sub> para el CO-8, 33-43 µg/m<sup>3</sup> para PM<sub>10</sub>; 17-89 µg/m<sup>3</sup> para O<sub>3</sub>-8 en semestre cálido y 23-76 µg/m<sup>3</sup> para NO<sub>2</sub>.

En general, los niveles son moderados para algunos de los contaminantes estudiados aunque en otros, especialmente NO<sub>2</sub> y partículas, podrían representar un problema para el cumplimiento de la normativa vigente.

Como hemos expresado en otras ocasiones<sup>6</sup> entre nuestros objetivos principales no se encuentra la comparación de los niveles de contaminantes entre las ciudades participantes. En la actualidad existe información actualizada de los niveles de contaminantes atmosféricos a partir de la base de datos del Ministerio de Medio Ambiente. Sin embargo, con anterioridad al año 2000 la disponibilidad de dichos datos era más escasa y de difícil comparación al no existir anteriormente unos criterios homogéneos para la determinación y presentación de los valores de contaminantes. En este sentido, por la escasez de información y por responder a unos criterios homogéneos de recogida de datos, validación de la información y cálculo de variables, las series de datos del proyecto EMECAS representan una fuente de información de utilidad para conocer la situación de los niveles de contaminantes atmosféricos en España en la segunda mitad de los años 90. Además, los valores registrados en cada ciudad constituyen una referencia necesaria para la expresión de los estimadores de la asociación entre contaminantes e indicadores de salud y para la obtención de estimadores del impacto en salud<sup>12</sup>.

El periodo al que se refieren los datos es anterior a la entrada en vigor en España de la

nueva normativa europea para valores límite de contaminantes<sup>11</sup> y, en gran medida, los valores presentados cumplen con la legislación y las guías de calidad del periodo al que corresponden. Si comparamos los datos obtenidos con la normativa vigente en la actualidad<sup>13</sup> observamos que las ciudades en las que se obtuvieron los niveles de PM<sub>10</sub> éstos se sitúan alrededor de los valores límite establecidos en la normativa europea y española, es decir 40 µg/m<sup>3</sup> de media anual para el año 2005. Los niveles registrados para partículas en nuestro estudio son de orden similar a los obtenidos en una evaluación para años posteriores<sup>14</sup> por lo que no es previsible que la situación haya cambiado sensiblemente. Algo parecido ocurre para el NO<sub>2</sub> para el que gran parte de las ciudades presentaron valores por encima del límite establecido de 40 µg/m<sub>3</sub>. Es importante destacar que la norma contempla un periodo para su cumplimiento, en el que sin superar los 60 µg/m<sup>3</sup> se deben ir disminuyendo las concentraciones anuales hasta no superar los 40 µg/m<sup>3</sup> de NO<sub>2</sub> en el año 2010. El resto de concentraciones registradas para los otros contaminantes no representarían un problema para el cumplimiento de la normativa.

Como limitación del estudio hay que considerar la no disponibilidad de el conjunto completo de contaminantes en cada una de las ciudades. Este hecho compromete la realización de análisis más complejos, como el análisis con más de un contaminante en el mismo modelo, en todo el conjunto de ciudades.

### 3. El proyecto EMECAS como experiencia de investigación aplicada en salud pública

El proyecto EMECAS representa un esfuerzo colectivo de un número considerable de centros de investigación y de servicios de Salud Pública para la recogida, análisis, interpretación y difusión de los resultados de la contaminación atmosférica en España. Se

trata del primer estudio multicéntrico que abarca un mayor número de ciudades para la evaluación del impacto de la contaminación atmosférica en España. Los resultados del estudio proporcionarían una estimación global del efecto de la contaminación atmosférica en la salud de la población urbana española. Dicha información será de utilidad para el diseño y desarrollo de los planes de control y mejora de la calidad del aire.

Por otro lado, la experiencia metodológica adquirida así como el establecimiento de una red multicéntrica representan un valor añadido para el desarrollo de sistemas de información en salud y medio ambiente en España.

Por último y como uno de los aspectos más importantes, en el ámbito local y autonómico el proyecto EMECAS fomenta el trabajo conjunto de técnicos de salud pública con técnicos de control de la calidad ambiental y con investigadores, dotando de una perspectiva multidisciplinar orientada a conseguir objetivos transversales: obtener datos de calidad que permitan investigación fiable que proporcione información útil que ayude a mejorar la calidad del aire y la salud de la población, objetivo último de nuestro proyecto.

#### COMPONENTES GRUPO EMECAS

F Ballester, C Iñiguez, P Rodríguez, S Pérez-Hoyos, JM Tenías, F Gómez, R Molina, J González-Aracil, S Medina, JL Bosch, S Peiró (Valencia); M Saez, MA Barceló, C Saurina, A Lertxundi, L Artacoiz, J Sunyer, A Plasència, A Tobías (Cataluña); A Daponte, JL Gurucelain, P. Gutiérrez, JA Maldonado, JM Mayoral, R Ocaña, E Caro, P Lopez, S Toro, I Aguilera (Andalucía); JM Ordóñez, E Aránguez, I Galán, AM Gandarillas, L López, N Aragonés, M Martínez, R Fernández, P Arias, A Brezmes, FJ Mantero (Madrid); K Cambra, E Alonso, FB Cirarda, T Martínez-Rueda (País Vasco); M Taraci-

do, A Figueiras, MR Aguiar, C Sixto, MC Sánchez (Galicia); F Arribas, M Navarro, C Martos, MJ Rabanaque, E Muniesa, JT Alcalá, JI Urraca, M Loarte (Aragón); JB Bellido, A Arnedo, F González, C Felis, C Herrero (Castellón); JJ Guillén, LI Cirera, L García, E Jiménez, MJ Martínez, S Moreno, C Navarro, J Medrano, MA Martínez (Murcia); I Aguinaga, F Guillén, MY Floristán, FJ Aldaz, P Zuazo, C Moreno, A Arrazola, E Aguinaga, MD Ugarte, A Fernández, I Serrano, MA Martínez, JJ Viñes (Pamplona); A Cañada, C Fernández, F Fernández, JV García, I Huerta, V Rodríguez (Asturias); E López (Canarias).

#### AGRADECIMIENTOS

A todos los profesionales de las Redes de Vigilancia de la Calidad del Aire, a los profesionales de los Servicios de Salud Pública, a los responsables de los Registros Hospitalarios del CMBD, a los del Instituto Nacional de Meteorología y, en general, a todos los profesionales de la Salud, Medio Ambiente y de otros campos, que con su trabajo han permitido que se desarrolle el presente proyecto.

El proyecto EMECAS y su predecesor EMECAM han recibido financiación del Ministerio de Sanidad a través de las convocatorias del Fondo de Investigación Sanitaria (FIS 97/0051 y FIS 00/0010), así como la ayuda de las instituciones participantes. El grupo de Granada ha recibido ayuda de la Red de Centros de Investigación en Epidemiología y Salud Pública (RCESP). El proyecto EMECAS ha recibido el premio 'Medio Ambiente y Salud' en su primera edición (2004) convocado por la Fundación Fungesma.

#### BIBLIOGRAFÍA

1. Brunekreef B, Holgate ST. Air pollution and health. *Lancet* 2002; 360:1233-1242.

2. Katsouyanni K. The APHEA project. Short term effects of air pollution on health: a European approach using epidemiological time series data. *J Epidemiol Community Health*. 1996; 50(Supp 1):S2-S8.
3. Samet JM, Dominici F, Zeger S, Schwartz J, Dockery DW. The National Morbidity, Mortality, and Air Pollution Study. Part I: Methods and Methodologic Issues. Health Effects Institute 94, Part I: Boston; 2000.
4. Quenel P, Cassadou S, Declercq C, Eilstein D, Filleul L, Le Goaster C et al. Rapport Surveillance épidémiologique 'Air & Santé'. Surveillance des effets sur la santé liés à la pollution atmosphérique en milieu urbain. Institut de Veille Sanitaire: Paris; 1999.
5. Biggeri A, Bellini P, Terracini B, (editors). Meta-analysis of the Italian Studies on Short-term Effects of Air Pollution. *Epidemiologia & Prevenzione*. 2001; 25 (Suppl2).
6. EMECAM. El proyecto EMECAM: Estudio español sobre la relación entre la contaminación atmosférica y la mortalidad. *Rev Española Salud Pública*. 1999; 73: 165-314.
7. Ruiz M, Cirera Suarez L, Perez G, Borrell C, Audica C, Moreno C, et al. Comparabilidad entre la novena y la décima revisión de la Clasificación Internacional de Enfermedades aplicada a la codificación de la causa de muerte en España. *Gac Sanit*. 2002;16:526-32.
8. Iñiguez C, Perez-Hoyos S, Ballester F, Saez M. Comparación de dos métodos en el análisis del efecto a corto plazo de la Contaminación Atmosférica en Salud. *Gac Sanit*. 2003; 17:283-288.
9. Dominici FA, McDermott SL, Zeger and JM Samet. On the use of generalized additive models in time-series studies of air pollution and health. *Am J Epidemiol* 2002; 156: 193-203.
10. Der-Simonian R, Laird N. Meta-analysis in clinical trials. *Control Clinical Trials* 1986;7:177-88.
11. Ballester F, Iñiguez C, Saez M, Pérez-Hoyos S, Daponte A, Ordóñez JM, et al (2003). Relación a corto plazo de la contaminación atmosférica y la mortalidad en trece ciudades españolas. *Med Clín*; 121:684-9.
12. Boletín Oficial del Estado (BOE). Real Decreto 1073/2002, de 18 de octubre, sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente en relación con el dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, óxidos de nitrógeno, partículas, plomo, benceno y monóxido de carbono. BOE 2002 nº 260.
13. Aphis 3. Health Impact Assessment of Air Pollution and Communication Strategy. Third Year Report 2002-2003. Disponible en [http://europa.eu.int/comm/health/ph\\_projects/2001/pollution/fp\\_env\\_2001\\_frep\\_en](http://europa.eu.int/comm/health/ph_projects/2001/pollution/fp_env_2001_frep_en)
14. Querol X, Alastuey A, Viana MM, Rodriguez S, Castillo S, Pey J, Escudero M, et al. Niveles y composición de PM10 y PM2.5 en España. IX Congreso de Ingeniería Ambiental. Proma 2004. Bilbao.